জৈব-রসায়ন

[প্রথম খণ্ড]

(দুই খণ্ডে সমাপ্য)

কানাইলাল মুখোপাধ্যায়
এম্. এস্-সি., ডবলু. বি. ই. এস,

অ্যাসিস্ট্যাণ্ট প্রফেসর, বারাসাত গভর্নমেণ্ট কলেজ; ভূতপূর্ব লেকচারার কৃষ্ণনগর উইমেন্স কলেজ, কৃষ্ণনগর গভর্নমেণ্ট কলেজ, বারাসাত গভর্নমেণ্ট কলেজ; ভূতপূর্ব অ্যাসিস্টাণ্ট প্রফেসর, মৌলানা আজাদ কলেজ (কলিকাতা), আচার্য ব্রজেন্দ্রনাথ শীল কলেজ (কোচবিহার)

বুকল্যাণ্ড প্রাইভেট লিমিটেড
১, শংকর ঘোষ লেন,
কলকাতা-৬

প্রকাশক : শ্রীজানকীনাথ বসু
বুকল্যাণ্ড প্রাইভেট লিমিটেড
১নং শংকর ঘোষ লেন। কলকাতা-৬

প্রকাশ : আষাঢ় ১৩৬৬

মুদ্রাকর : শ্রীগৌরীশংকর রায়চৌধুরী
বসুশ্রী প্রেস
৮০।৬ গ্রে স্ট্রীট
কলকাতা-৬

সূচীপত্র

জৈব-রসায়ন

১

উপক্রমণিকা
Introduction

জৈব রসায়নের ইতিহাস ঃ এই পৃথিবীতে প্রাণের আবির্ভাবের সঙ্গে সঙ্গে জৈব যৌগের আবির্ভাব ঘটে এবং জৈব রসায়ন তখন থেকে বা তার কিছু কাল আগে থেকে আরম্ভ হয়। কারণ জৈব যৌগ ছাড়া প্রাণের অস্তিত্ব সম্ভব নয়। জীবজগতের জীবন প্রবাহ একটি অত্যাশ্চর্য ব্যাপার। যা কিছুকাল আগে পর্যন্ত ঐশ্বরিক শক্তি দিয়ে পরিচালিত হয় বলে মনে করা হত। আজকাল এই বিশ্বাস অনেকাংশে অচল হয়ে পড়েছে।

যদিও মানুষ অতি প্রাচীনকাল থেকে চাল, আটা, চিনি, তেল, মাখন, সুরা ইত্যাদি ব্যবহার করে আসছে, তবুও এদের রসায়ন সম্বন্ধে কোন সম্যক জ্ঞান ছিল না, প্রায় অষ্টাদশ শতাব্দী পর্যন্ত। মানুষ প্রাচীনকাল থেকে মাখন, সুরা, নীল (Indigo) ইত্যাদি প্রস্তুত করতে জানত। সন্ধান বিক্রিয়ায় যে তরল সুরা তাঁরা তৈরি করতেন তাকে পাতনে প্রবলীকৃত করতেও জানতেন এবং কাপড়কে রং করতে নীলের ব্যবহারও জানতেন। এই রকম কিছু কিছু জৈব যৌগ প্রস্তুত, তাদের ব্যবহার এবং কিছু কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়া জানতেন। তবে তা কিভাবে সংঘটিত হচ্ছে, তা অজানা ছিল।

সপ্তদশ শতাব্দীতে ল্যামেরি (Lemery) প্রথম প্রকৃতি থেকে প্রাপ্ত পদার্থসমূহকে তিন শ্রেণীতে ভাগ করেন—খনিজ, উদ্ভিজ্জ এবং প্রাণিজ। অষ্টাদশ শতাব্দীতে ল্যাভয়সিয়ের প্রথম প্রমাণ করেন যে, উদ্ভিজ্জ এবং প্রাণিজ পদার্থে কার্বন অবশ্যই থাকবে এবং এমন অনেক যৌগকে উদ্ভিদ ও প্রাণী উভয়ের থেকে পাওয়া গেল। তাই যৌগের এই শ্রেণীবিভাগ পরিবর্তিত হয়ে হল খনিজ এবং প্রাণিজ। খনিজ পদার্থ থেকে যে সকল যৌগ পাওয়া যায় তাদের অজৈব যৌগ (Inorganic compounds) এবং এদের রসায়নকে অজৈব রসায়ন বলা হত। আর প্রাণিজ বস্তু থেকে প্রাপ্ত যৌগকে জৈব যৌগ (Organic compounds) এবং এদের রসায়নকে জৈব রসায়ন বলা হত। এই শ্রেণীবিভাগে লোকের মধ্যে একটা বদ্ধমূল ধারণা হল যে, জৈব যৌগ উৎপন্ন করতে গেলে প্রাণশক্তি (Vital forces) অবশ্যই প্রয়োজন হবে। আর এই তত্ত্বের নাম দেওয়া হল **প্রাণশক্তি তত্ত্ব** (Vital Force Theory)। আর যেহেতু

রসায়নাগারে এই প্রাণশক্তি প্রতিষ্ঠা সম্ভব নয়, অতএব কোন জৈব যৌগকে রসায়নাগারে প্রস্তুত সম্ভব নয়।

এই তত্ত্বের প্রভাবে রসায়নাগারে জৈব যৌগ সংশ্লেষণ করার চেষ্টা স্তব্ধ ছিল। যদিও জৈব যৌগের বিশ্লেষণ ও রাসায়নিক বিক্রিয়া করা হত। 1828 খ্রীস্টাব্দে জার্মান রসায়নবিদ ফ্রেডরিক ভোলার (Friedrich Wöhler) অ্যামোনিয়াম সায়ানেটকে ইউরিয়ায় পরিবর্তন করেন। ইউরিয়াকে মানুষ ও জন্তুর মূত্রে পাওয়া যায়। যা একটি জৈব পদার্থ। আর অ্যামোনিয়াম সায়ানেট অজৈব যৌগ। ভোলারের এই ইউরিয়া সংশ্লেষণ 'প্রাণশক্তি তত্ত্ব'কে দুর্বল করে দিলেও একে পুরোপুরি হটাতে পারেনি। কারণ তখনকার কালে অ্যামোনিয়াম সায়ানেট প্রস্তুতিতে যে যে বস্তু লাগত, যেমন—অ্যামোনিয়া ও সায়ানিক অ্যাসিড (HCNO), গরুর খুর, শিং, রক্ত থেকে প্রস্তুত করা হত। এর পর থেকে রসায়নাগারে আরো অনেক জৈব যৌগের সংশ্লেষণ করা গেল। ফলে প্রাণশক্তি তত্ত্ব একেবারে চিরতরে বিদায় নিল।

অজৈব পদার্থ থেকে জৈব যৌগ সংশ্লেষণ দিয়ে যেমন প্রাণশক্তি তত্ত্ব বিদায় নিল তার সঙ্গে অজৈব ও জৈব যৌগের মধ্যে আর কোন পার্থক্য রইল না। অজৈব ও জৈব এই দুটি কথা আগে যে অর্থে ব্যবহার হত তাও পাল্টে গেল।

তবুও অজৈব ও জৈব যৌগ কথা দুটি আজও চলছে। এর কতকগুলি কারণ আছে। এখন জৈব যৌগ বলতে আমরা বুঝবো যে, কার্বন ডাই-অক্সাইড, কার্বন মনোক্সাইড, কার্বনেটগুলি, বাইকার্বনেটগুলি, কার্বাইড এবং ধাতব সায়ানাইড ও আইসোসায়ানাইড ব্যতীত সকল প্রকার কার্বনের যৌগকে জৈব যৌগ বলা হয়। আর এই সকল জৈব যৌগের রসায়নকে জৈব রসায়ন বলা হয়।

জৈব যৌগের বৈশিষ্ট্য : অজৈব যৌগের ক্ষেত্রে যে সব নিয়ম প্রযোজ্য সেই সকল নিয়মগুলিও জৈব যৌগের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। তবুও জৈব যৌগের কতকগুলি বৈশিষ্ট্য আছে।

(1) **জৈব যৌগের সংখ্যা প্রচুর :** জৈব যৌগের (কার্বন যৌগ) সংখ্যা আবার সকল মৌল থেকে প্রাপ্ত মোট যৌগের সংখ্যা থেকে অনেক বেশি এবং প্রতিদিন নতুন নতুন জৈব যৌগ রসায়নাগারে সৃষ্টি হচ্ছে।

(2) **কার্বন পরমাণুর সংযুক্ত হবার ক্ষমতা অদ্বিতীয় :** কার্বন পরমাণু যেমন অন্য পরমাণুর সঙ্গে সমযোজ্যতায় সংযুক্ত হতে পারে তেমন অপর কার্বনের সঙ্গেও সমযোজ্যতায় সংযুক্ত হয়ে মুক্ত শৃংখল এবং বৃত্তাকার যৌগ সৃষ্টি করতে পারে। অন্য কোন যৌগের সংযুক্ত হবার ক্ষমতা কার্বনের মত এমন ব্যাপক হতে

পারে না। কার্বন কার্বনের মধ্যে সমযোজ্যতা একবন্ধ, দ্বিবন্ধ বা ত্রিবন্ধ দিয়ে হতে পারে। আবার জৈব যৌগের গঠন বিন্যাস বিভিন্ন প্রকার হতে পারে। ফলে জৈব যৌগের সংখ্যা এত বেশি। কার্বনের সঙ্গে কার্বনের সংযুক্ত হবার এই ক্ষমতাকে **ক্যাটিনেশান** (Catenation) বলে। ক্যাটিনেশানের দ্বারা বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের এবং আকৃতিতে কার্বনের মুক্ত এবং বৃত্তাকার শৃংখলের সৃষ্টি হতে পারে।

(3) **জৈব যৌগের অণু জটিল প্রকৃতির ঃ** জৈব যৌগের প্রকৃতি বা গঠন বিন্যাস যেমন সরল প্রকৃতির হয় তেমন জটিল প্রকৃতিরও হতে পারে। সরল প্রকৃতির জৈব যৌগের আণবিক গুরুত্ব কম হয়। যেমন—মিথেন (CH_4), অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH), বেনজিন (C_6H_6) ইত্যাদি সরল প্রকৃতির জৈব যৌগ। আবার শ্বেতসার ($(C_6H_{10}O_5)n$), প্রোটিন অ্যালকালয়েড (Alkaloid), স্টেরয়েড (Steroids), হিমোগ্লোবিন, ক্লোরোফিল ইত্যাদি অত্যন্ত জটিল প্রকৃতির যৌগ।

(4) **কার্বনের যোজকগুলির প্রকৃতি ঃ** কার্বন পরমাণুর যোজকগুলি **ত্রিমাত্রিক** হওয়ার জন্য এবং যোজকগুলি বিশেষ দিকে নির্দেশিত হওয়ার জন্য জৈব যৌগের বিশেষ ধরনের **সমাবয়বতার** সৃষ্টি হয়। যেমন আলোক সক্রিয় সমাবয়বতা এবং জ্যামিতিক সমাবয়বতার সৃষ্টি হয়।

(5) **জৈব বিক্রিয়ার প্রকৃতি ঃ** জৈব যৌগগুলি কিছু কিছু ক্ষেত্রে আয়নিক বিক্রিয়া দেখায়, কিন্তু বেশিরভাগ জৈবযোগ নন-আয়নিক (Nonionic) বিক্রিয়া দেখায়। এই নন-আয়নিক বিক্রিয়াগুলি সব ক্ষেত্রে উভমুখী (Reversible) হয় এবং এই বিক্রিয়া কদাচিৎ মাত্রিক পরিমাণে হয়ে থাকে। এই নন-আয়নিক জৈব বিক্রিয়ায় সমযোজকগুলি প্রথমে ভেঙ্গে যায় এবং পরে তা নতুনভাবে তৈরী হয়। যেমন সমযোজকগুলি নানাভাবে ভাঙ্গতে পারে তা আবার নানাভাবে জোড়াও লাগতে পারে। এতে বিভিন্ন প্রকার জৈব যৌগ প্রস্তুত হতে পারে এবং যাদের পরিমাণ বিক্রিয়ার পরিবেশের উপর নির্ভরশীল। ফলে জৈব যৌগের সংশ্লেষণে অবিশুদ্ধ যৌগ প্রস্তুত হয়। কারণ বিক্রিয়ায় মূল বস্তু ছাড়াও একাধিক বস্তু উৎপন্ন হতে পারে। মূল যৌগ ছাড়া অপর যৌগগুলি পার্শ্ব বিক্রিয়ার (Side reaction) দ্বারা সৃষ্টি হয়। উৎপন্ন বস্তু থেকে মূল যৌগকে নানা প্রক্রিয়ার দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়।

জৈব রসায়নের প্রয়োজনীয়তা ঃ জৈব রসায়নের প্রয়োজনীয়তার কথা বলে শেষ করা যায় না। আমাদের দৈনন্দিন প্রয়োজনে ব্যবহৃত জিনিসগুলি অধিকাংশ জৈব যৌগ। যেমন আমাদের প্রথম এবং প্রধান প্রয়োজন খাদ্য, যা হল জৈব প্রকৃতির পদার্থ বা জৈব যৌগ। যেমন—চাল, আটা, চিনি, তেল, ঘি, দুধ ইত্যাদি। এর পর

মানুষের যা প্রয়োজন তা হল পরার কাপড়। এই কাপড় তুলো (সেলুলোজ) দিয়ে প্রস্তুত করা হয়। অবশ্য এছাড়া রেশম, কৃত্রিম সিল্ক, রেয়ন ইত্যাদি সবই জৈব যৌগ। এর পর প্রয়োজন হল জ্বালানী ও শক্তি, যা আমরা প্রাকৃতিক গ্যাস, পেট্রো-লিয়াম (খনিজ তেল), কয়লা ইত্যাদি থেকে পাই। এগুলিও জৈব যৌগ।

জীবনকে সুস্থ রাখার এবং রোগের প্রতিকারের জন্যে ভিটামিন, টনিক ও ওষুধের প্রয়োজন। এগুলি সবই জৈব যৌগ থেকে প্রস্তুত করা হয়। ওষুধের মধ্যে যেমন পচনরোধকারী (Antiseptic) পদার্থও আছে, তেমনি অ্যান্টিবায়োটিক ও অ্যালকালয়েড আছে। অ্যালকালয়েডের মধ্যে কুইনাইন (যা ম্যালেরিয়ার অব্যর্থ ওষুধ), মরফিন ইত্যাদি বিশেষ প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়। তেমনি স্ট্রেপটোমাইসিন নামে অ্যান্টিবায়োটিক যক্ষ্মা রোগের ক্ষেত্রে বিশেষ ফলপ্রসূ ওষুধ। এ ছাড়া ক্লোরোমাইসেটিন টাইফয়েড রোগে এবং পেনিসিলিন নানা রোগের চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়। অচৈতন্যকারী পদার্থ হিসেবে ক্লোরোফর্ম চিকিৎসা ক্ষেত্রে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হত।

কীটনাশক পদার্থ DDT, এলড্রিন, ফলিডল সবই জৈব যৌগ দিয়ে প্রস্তুত, যা কীট-পতঙ্গ, ছত্রাককে ধ্বংস করে খাদ্যশস্যের ফলন বাড়াতে সাহায্য করে।

আমাদের মাথা গোঁজার স্থান (বাড়ী) তৈরি করতে কাঠ, রং, বার্নিশের মত জৈব পদার্থের একান্ত প্রয়োজন।

মানব সভ্যতার বিকাশের জন্য কাগজ, কালি এবং (আজকাল) ফিল্মের ব্যবহার অপরিহার্য। এই কাগজ, কালি, ফিল্ম সবই জৈব পদার্থ।

রাবারের জিনিস, পরিবহণের জন্য, সাবান ও ডিটারজেন্ট ধোয়া ও পরিষ্কারের জন্য, প্লাস্টিক আচ্ছাদনের কাজে ও বিভিন্ন জিনিসপত্রের প্রস্তুতির জন্য, বিশেষভাবে প্রয়োজন। ঐ সকল জিনিসগুলি সবই জৈব পদার্থ।

এগুলি ছাড়া জৈব রসায়ন ও জৈব যৌগ নানান কাজে প্রয়োজন হয়। TNT, নাইট্রোগ্লিসারিন, ডিনামাইটের মত বিস্ফোরক নানা প্রয়োজনে দরকার, তেমনি উৎসেচক বিষয়ে জ্ঞানের সাহায্যে আমরা নানা যৌগ প্রস্তুত করতে পারি। বিস্ফোরকগুলি জৈব যৌগ, আবার উৎসেচকগুলিও জৈব পদার্থ। এক কথায় জৈব রসায়নের প্রয়োজনীয়তা অসীম।

জৈব যৌগের উৎস : (1) উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহ জৈব যৌগের প্রধান উৎস। বিশেষ পদ্ধতিতে গাছপালা এবং প্রাণিদেহ থেকে বিশুদ্ধ জৈব যৌগ প্রচুর পরিমাণে প্রস্তুত করা যায়। যেমন গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ, চিনি, শ্বেতসার, সেলুলোজ ইত্যাদি গাছপালা থেকে প্রস্তুত করা হয়। সরষের তেল, তুলোর বীচির তেল, নারকেল

তেল যেমন আমরা গাছের থেকে পাই, তেমনি কড লিভার তেল, হাঙ্গরের তেল জীবদেহ থেকে পাই। মাখন ও ঘি আমরা দুধ থেকে পাই। কুইনিন, মরফিন, নিকোটিন নামে অ্যালকালয়েড গাছ থেকে পাওয়া যায়। এই রকম নানা যৌগ আমরা গাছ বা প্রাণীর দেহ থেকে পাই।

(2) **কয়লা ঃ** এই কয়লা হল জৈব যৌগের প্রধান উৎস। কয়লাকে অন্তর্ধূম পাতনে যে বস্তুগুলি (কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়) পাওয়া যায় তার থেকে নানারকম প্রচুর জৈব যৌগ পাওয়া যায়। যেমন—বেনজিন, ফিনল, ন্যাপথালিন, পিরিডিন ইত্যাদি পাওয়া যায়। আর এই সকল পদার্থ থেকে সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে আরো নানান জৈব যৌগ প্রস্তুত সম্ভব হয়েছে।

(3) **প্রাকৃতিক গ্যাস ও পেট্রোলিয়াম থেকে ঃ** এই প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রচুর জৈব যৌগ সংশ্লেষণ করা যায়। যেমন—মিথানল, ফরম্যালডিহাইড ইত্যাদি। আবার অপরিশোধিত খনিজ তেলকে (যাকে পেট্রোলিয়াম বলে) আংশিক পাতনে ও ভঞ্জন প্রক্রিয়ায় (Cracking) নানা জৈব যৌগ প্রস্তুত সম্ভব হয়েছে। প্রাপ্ত জৈব যৌগের উপর রাসায়নিক বিক্রিয়ায় আরো অনেক জৈব যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব।

(4) **রাসায়নিক ও সন্ধান বিক্রিয়ার দ্বারা ঃ** বিশেষ প্রক্রিয়ার সাহায্যে কার্বন হাইড্রোজেনের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়ে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা যায়। আবার ক্যালসিয়াম কার্বাইডের উপর জলের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা যায়। আর এই অ্যাসিটিলিন থেকে অ্যালিফ্যাটিক, অ্যারোম্যাটিক এবং হেটারোসাইক্লিক যৌগ প্রস্তুত করা যায়। আবার এনজাইমের সাহায্যে নানা রকম জৈব যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব হয়েছে। যেমন ইথানল, ল্যাকটিক অ্যাসিড, সাইট্রিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

প্রশ্নাবলী

1. জৈব রসায়ন বলতে কি বোঝ? জৈব যৌগের বৈশিষ্ট্যগুলি লেখ।
2. জৈব যৌগের প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে আলোচনা কর।
3. জৈব যৌগের উৎসগুলির নাম লেখ।
4. (i) 'প্রাণশক্তি তত্ত্ব' কাকে বলা হত? (ii) 'প্রাণশক্তি তত্ত্ব' কেন বাতিল হল? (iii) জৈব ও অজৈব যৌগের মধ্যে এখন কোন পার্থক্য আছে? (iv) বর্তমানে জৈব যৌগ কাদের বলা হয়? (v) কার্বন যৌগগুলি কেন বিপুল সংখ্যায় পাওয়া যায়?

২

জৈব যৌগের শোধন

Purification of Organic Compounds

প্রাকৃতিক পদার্থ থেকে নিষ্কাশিত জৈব যৌগ বা সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রস্তুত জৈব যৌগে নানাপ্রকার জৈব ও অজৈব পদার্থ অশুদ্ধি হিসেবে বর্তমান থাকে। আণবিক সংকেত ও গঠন নির্ণয়ের জন্য অতিবিশুদ্ধ যৌগ প্রয়োজন। এছাড়া রাসায়নিক বিক্রিয়া অধ্যয়নের জন্যও অতিবিশুদ্ধ যৌগের প্রয়োজন। তাই জৈব যৌগের শোধন বা বিশুদ্ধিকরণ একান্ত প্রয়োজন।

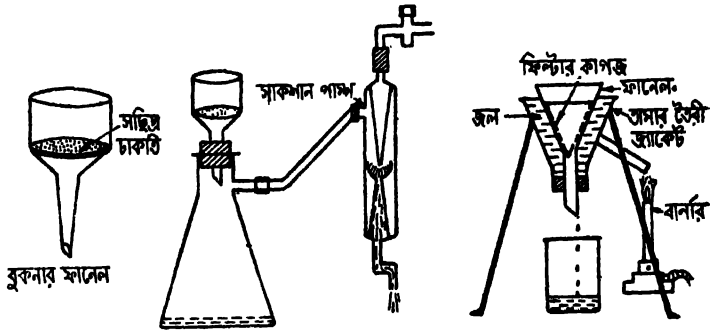
জৈব যৌগের শোধনে নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলি বিশেষভাবে কাজে লাগান যায়। (i) কেলাসন, (ii) ঊর্ধ্বপাতন, (iii) পাতন, (iv) আংশিক পাতন, (v) নিম্নচাপে পাতন ও অনুপ্রেষ পাতন, (vi) বাষ্প পাতন, (vii) দ্রাবক দিয়ে নিষ্কাশন, (viii) ক্রোমাটোগ্রাফী, (ix) রাসায়নিক পদ্ধতি, (x) শুষ্ককরণ।

(i) **কেলাসন** (Crystallisation) **:** কঠিন জৈব যৌগকে কেলাসন করে সহজে শোধন করা যায়। কেলাসন করতে হলে একটি উপযুক্ত দ্রাবকের প্রয়োজন। অবিশুদ্ধ যৌগে সাধারণত অশুদ্ধির পরিমাণ কম থাকে। এখন এমন একটি দ্রাবকের প্রয়োজন যাতে ঐ জৈব যৌগটি দ্রবীভূত হয়ে যায়। অশুদ্ধিগুলি দ্রবীভূত হতেও পারে আবার না হতেও পারে। নিম্নতম পরিমাণ দ্রাবকে ঐ অবিশুদ্ধ পদার্থটি উত্তপ্ত করা হয় এবং একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। অশুদ্ধিগুলি যদি দ্রবীভূত না হয়, তবে ঐ দ্রবণটিকে গরম অবস্থায় সাকশানের (Suction) দ্বারা পরিস্রাবণ করা হয়। পরিস্রুত তরলকে স্থিরভাবে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করলে যৌগটির দ্রাব্যতা কমে যায় এবং অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবণ থেকে কেলাসিত হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হয়। যেহেতু অশুদ্ধির পরিমাণ কম থাকে, ঐ অশুদ্ধির (দ্রবণীয় হলে) দ্রাব্যতা কম তাপমাত্রায় কমে গেলেও সাধারণত দ্রাব্যতা গুণফলে পৌঁছাতে পারে না। ফলে অশুদ্ধিগুলি দ্রবণেই দ্রবীভূত হয়ে থেকে যায়। যৌগের ঐ কেলাসগুলিকে সাকশান দ্বারা পরিস্রাবণ করা যায়। এই পরিস্রাবণ সাধারণত বুকনার ফানেলে (Buchner funnel) করা হয়ে থাকে। ঐ কেলাসগুলিকে ফিল্টার কাগজের উপর নিয়ে স্প্যাচুলা (Spatula) সাহায্যে

চাপ দিয়ে লাগান হয়। এতে কেলাসগুলি থেকে দ্রাবককে ফিল্টার কাগজ শুষে নেয়। ফলে কেলাসগুলি শুষ্ক হয়ে যায়।

অনেক সময় যৌগের দ্রবণকে ঠাণ্ডা করলেও কেলাস পাওয়া যায় না। তখন ঐ দ্রবণে যৌগের একটি কেলাস যোগ করলে কেলাসন তাড়াতাড়ি হয়ে যায়। একে সিডিং করা (Seeding) বলে। সিডিং করেও যদি কেলাসন আরম্ভ না হয় তবে ঐ দ্রবণে এমন একটি দ্রাবক অল্প পরিমাণে মেশান হয় যাতে যৌগটি আংশিক দ্রাব্য হয়। এতেও যদি কেলাসন না হয় তবে ঐ দ্রবণটি বা দ্রবণমিশ্রণটি কেলাসনের পক্ষে অনুপযুক্ত। তখন অন্য দ্রাবক দিয়ে চেষ্টা করতে হয়।

একবার কেলাসন করে যে কেলাসবস্তু পাওয়া যায় তাতে অনেক সময় অশুদ্ধি অতি অল্প পরিমাণে থাকতে পারে। এই কেলাসগুলিকে নিয়ে পুনর্কেলাসন (আগের মত) করে বিশুদ্ধ করা হয়। এইরকম একাধিকবার পুনর্কেলাসন করে অতিবিশুদ্ধ কেলাস প্রস্তুত করা যায়। বিশুদ্ধ যৌগ (কেলাস) একটি সুনির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সম্পূর্ণ গলে যাবে। যাকে ঐ যৌগের গলনাঙ্ক বলে। কিন্তু অবিশুদ্ধ যৌগ (কেলাস) অনেকটা তাপমাত্রা জুড়ে গলতে থাকে। গলনাঙ্কের প্রকৃতি দেখে বোঝা যায় যে বস্তুটি বিশুদ্ধ বা অবিশুদ্ধ।

চিত্র 1

বুকনার ফানেল পোর্সিলিনের তৈরী। এই ফানেলের মধ্যে পোর্সিলিনের এক টি সচ্ছিদ্র চাকতি থাকে। এই চাকতির উপর সঠিক মাপের ফিল্টার কাগজ লাগিয়ে পার্শ্বনল যুক্ত কনিক্যাল ফ্লাস্কে রাবার কর্ক দিয়ে লাগান থাকে। পার্শ্বনলটি রাবার নল দিয়ে সাকশান পাম্পের সঙ্গে যুক্ত থাকে। কল খুলে দিলে সাকশান পাম্প বাতাস টেনে বার করে দেয়, ফলে ফ্লাস্কের মধ্যে বায়ুর চাপ কমে যায়। এখন বুকনারের

মধ্যে দ্রবণ সমেত কেলাসগুলি ঢেলে দিলে, কেলাসগুলি (কঠিন) ফিল্টার কাগজে আটকে যাবে এবং দ্রবণটি ফ্লাস্কে তাড়াতাড়ি চলে আসবে।

গরম অবস্থায় কোন দ্রবণকে পরিস্রাবণ করতে হলে সাধারণ ফানেলই ব্যবহার করা হয়। কিন্তু ঐ ফানেলটি একটি তামার তৈরী (চিত্রে দেখান হয়েছে) জ্যাকেটের উপর বসান থাকে। ঐ জ্যাকেটের ভিতর জল থাকে এবং পাশে যে নলটি বার হয়ে থাকে তাকে বার্নারের সাহায্যে গরম করলে জ্যাকেটের ভেতর নেওয়া জল 100°C পর্যন্ত গরম করা যায়। ফলে ফানেলে যে দ্রবণ থাকে তাকেও 100°C পর্যন্ত গরম করা যায়।

যে সমস্ত যৌগের দ্রবণকে সাধারণ তাপমাত্রায় আনলেই যৌগটি কেলাসিত হয়ে পড়ে এরকম দ্রবণ থেকে অদ্রাব্য অশুদ্ধিগুলিকে অপসারিত করার জন্য গরম অবস্থায় পরিস্রাবণ করার প্রয়োজন হয়।

কেলাসন করতে জল, কোহল, জল কোহলের মিশ্রণ, ইথার, বেনজিন, ক্লোরোফর্ম, পেট্রোলিয়াম ইথার সাধারণত দ্রাবক হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

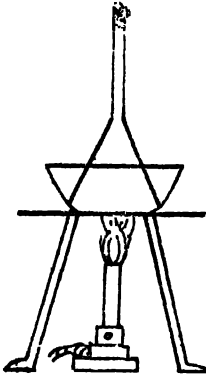
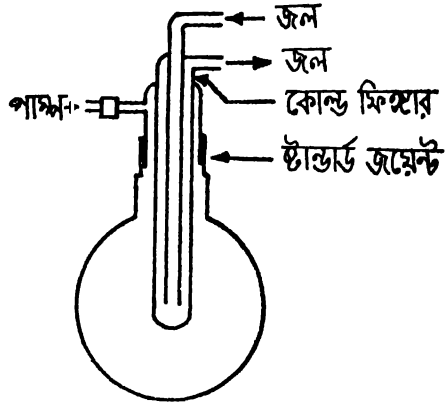
ঊর্ধ্বপাতন (Sublimation) ঃ ন্যাপথালিন, কর্পূরের মত কিছু কিছু জৈব যৌগকে ঊর্ধ্বপাতন করে বিশুদ্ধ করা হয়। যে সকল বস্তু ঊর্ধ্বপাতিত হয় তাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের মধ্যে পার্থক্য খুবই কম থাকে। অর্থাৎ ঐ সকল বস্তুকে গরম করলে কঠিন অবস্থা থেকে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয় এবং ঐ বাষ্প ঠাণ্ডায় পুনরায় কঠিনে পরিণত হয়। অশুদ্ধিগুলি ঊর্ধ্বপাতিত হতে পারে না, ফলে ঊর্ধ্বপাতিত যৌগটি বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

পোর্সিলিনের মুচিতে অবিশুদ্ধ যৌগটি নিয়ে তার উপরে একটি ফানেল উপুড় করে রাখা হয় এবং ফানেলের নলটি কাগজ দিয়ে বন্ধ করে দেওয়া হয়। এখন মুচিটিকে গরম করলে যৌগটি ঊর্ধ্বপাতিত হয়ে ফানেলের মধ্যের দেওয়ালেতে ঠাণ্ডায় পুনরায় কঠিনে পরিণত হয় এবং অশুদ্ধিগুলি মুচিতে পড়ে থাকে। পরে ফানেলের দেওয়াল থেকে কঠিন পদার্থকে চেঁচে বার করে নেওয়া হয় (চিত্র 2)।

বায়ুমণ্ডলের চাপে ঊর্ধ্বপাতিত করলে অনেক জৈব যৌগই বিভাজিত হয়ে পড়ে। কোল্ড ফিঙ্গারের (Cold finger) সাহায্যে নিম্নচাপে ঊর্ধ্বপাতন করা হয়ে থাকে।

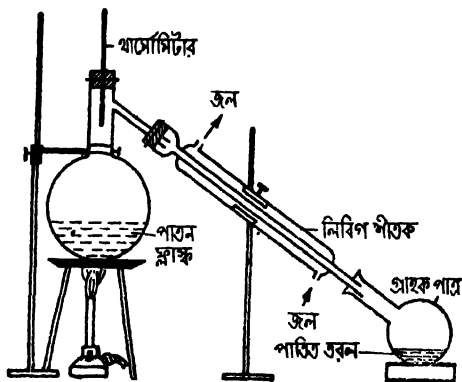
এককেন্দ্রিক দুটি নল থাকে কোল্ড ফিঙ্গারে। বাইরের দিকের নলটি মধ্যের নলের সঙ্গে উপর দিকে জোড়া থাকে এবং শেষ প্রান্তটি বন্ধ থাকে। মধ্যের নলটির শেষ প্রান্তটি খোলা থাকে। মধ্যের নল দিয়ে জল আসে এবং বাইরের নল দিয়ে তা

বেরিয়ে যায়। আর একটি মোটা নল ঐ বাইরের দিকে নলের সঙ্গে মাঝখানে জোড়া থাকে। এই নলটি অপর প্রান্তে বিশেষ আকারের স্ট্যাণ্ডার্ড জয়েন্ট (Standard joint) লাগান থাকে। ফলে বিশেষ স্ট্যাণ্ডার্ড জয়েন্ট যুক্ত ফ্লাস্কের সঙ্গে সহজেই

চিত্র 2 চিত্র 3

যুক্ত হতে পারে। এই নলটিতে একটি পার্শ্বনল থাকে, যা পাম্পের সঙ্গে যুক্ত থাকে। ফ্লাস্কের মধ্যে অবিশুদ্ধ যৌগ নিয়ে ঐ কোল্ড ফিঙ্গারের সঙ্গে আটকিয়ে নিয়ে পাম্প চালিয়ে দেওয়া হয় এবং কোল্ড ফিঙ্গারের মধ্যে ঠাণ্ডা জল পাঠান হয়। এখন ফ্লাস্কের মধ্যে চাপমাত্রা কমে যাবে। ফ্লাস্কটিকে গরম করলে যৌগটি ঊর্ধ্বপাতিত হয়ে কোল্ড ফিঙ্গারের নলের মাথায় জমা হবে। এতে বিয়োজনের আশঙ্কা থাকবে না (চিত্র 3)।

পাতন (Distillation) ঃ অনুদ্বায়ী পদার্থ থেকে কোন তরল পদার্থকে পাতন করে আলাদা বা বিশুদ্ধ করা হয়। এই প্রক্রিয়ায়, পার্শ্বনল যুক্ত পাতন ফ্লাস্ক নেওয়া হয়। এতে অবিশুদ্ধ তরল নেওয়া হয়। ফ্লাস্কটির মুখে থার্মোমিটার লাগান কর্ক দিয়ে বন্ধ থাকে এবং পার্শ্বনলের সঙ্গে লিবিগ শীতক যুক্ত থাকে। শীতকের শেষে গ্রাহক পাত্র থাকে। শীতকের মধ্য দিয়ে ঠাণ্ডা জল প্রবাহিত করা হয় এবং ফ্লাস্কটিকে গরম করে বাষ্পীভূত করলে বাষ্প পার্শ্বনল দিয়ে বার হয়ে শীতকের মধ্যে এলে পুনরায় ঘনীভূত হয়ে তরলে পরিণত হয় এবং গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়।

এবং অনুযায়ী বস্তু ফ্লাস্কে পড়ে থাকবে। কোন তরল একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পাতিত হয়। যাকে ঐ তরলের স্ফুটনাঙ্ক বলে। স্ফুটনাঙ্ক এবং ঐ তরলের

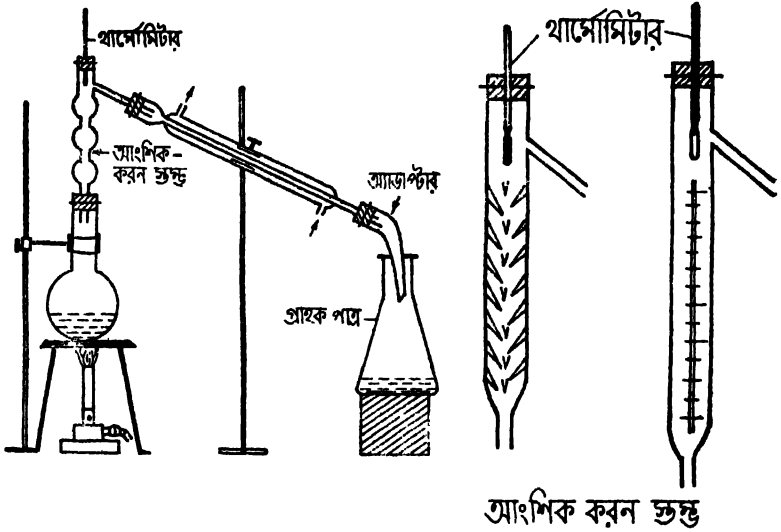
চিত্র 4

বাষ্পের তাপমাত্রা অভিন্ন হবে। স্ফুটনাঙ্কে আসার আগে পর্যন্ত যে পাতিত বস্তু পাওয়া যায় তাকে সাধারণত নেওয়া হয় না। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যে তরল পাওয়া যায় তাকেই নেওয়া হয়ে থাকে।

তরলের স্ফুটনাঙ্ক কম হলে শীতকে বরফ জল ব্যবহার করা হয় এবং অনেক কম গলনাঙ্কে যৌগকে পাতন করেও বিশুদ্ধ করা হয়ে থাকে। পাতনকালে তরল বস্তু যাতে না লাফিয়ে ওঠে তার জন্য সছিদ্র (Porous) পোর্সিলিন বা অন্য বস্তু (কঠিন) যোগ করা হয়। এতে পাতন সহজভাবে এবং স্বচ্ছন্দে হয়।

আংশিক পাতন (Fractional Distillation) : এখন দুটি মিশ্রিত তরল পদার্থ থাকলে তাদের পাতন করে (আগের প্রক্রিয়ায়) আলাদা করা যায়, যদি ঐ তরল পদার্থের মধ্যে স্ফুটনাঙ্কের তফাত কমপক্ষে 40°C হয়। পাতন ফ্লাস্কে ঐ মিশ্রণটিকে নিয়ে পাতন করলে প্রথমে কম স্ফুটনাঙ্কের তরলটি পাতিত হয়ে আসবে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়। ঐ তরলটি পাতিত হয়ে সম্পূর্ণ চলে এলে পরে দ্বিতীয় তরলটি পাতিত হয়ে আসবে। ঐ সময় তাপমাত্রা বাড়তে শুরু করবে এবং ঐ দ্বিতীয় তরলের স্ফুটনাঙ্কে এসে তাপমাত্রা বৃদ্ধি শেষ হবে। এই সময় গ্রাহক পাত্রটি পরিবর্তন করে দেওয়া হয় এবং এতে দ্বিতীয় তরলটি এসে জমা হয়। এইভাবে

দুটি বা দুটির বেশি তরল পদার্থকে পাতন করে আলাদা করার পদ্ধতিকে আংশিক পাতন বলে।

এখন দুটি তরল যদি এমন হয় যে, তাদের স্ফুটনাঙ্কের মধ্যে পার্থক্য তেমন বেশি নয়, সেক্ষেত্রে সাধারণ পাতন প্রক্রিয়ায় দুটি তরলকে আলাদা করা খুবই মুস্কিল হয় এবং অনেক সময় পারা যায় না। সেক্ষেত্রে ঐ পাতন ফ্লাস্কের মাথায় বিশেষ ধরনের আংশিককরণ (fractionating) স্তম্ভ লাগান হয়।

চিত্র 5

আংশিককরণ স্তম্ভ পাতন ফ্লাস্কে লাগিয়ে পাতন করলে বেশি স্ফুটনাঙ্কের তরল এই স্তম্ভ দিয়ে উপরে ওঠার সময় তাড়তাড়ি ঘনীভূত হয়ে পুনরায় ফ্লাস্কে ফিরে আসে, কিন্তু কম স্ফুটনাঙ্কের তরল স্তম্ভের উপর দিয়ে বাষ্পাকারে চলে গিয়ে শীতকে ঘনীভূত হয়ে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হবে। কম স্ফুটনাঙ্কে তরলটি সম্পূর্ণ পাতিত হয়ে গেলে বেশি স্ফুটনাঙ্কে তরল পরে পাতিত হবে। যা থার্মোমিটারের পাঠ থেকে জানা যাবে। দ্বিতীয় তরল পাতিত হওয়ার কালে গ্রাহক পাত্র অবশ্যই পরিবর্তন করে নিতে হবে।

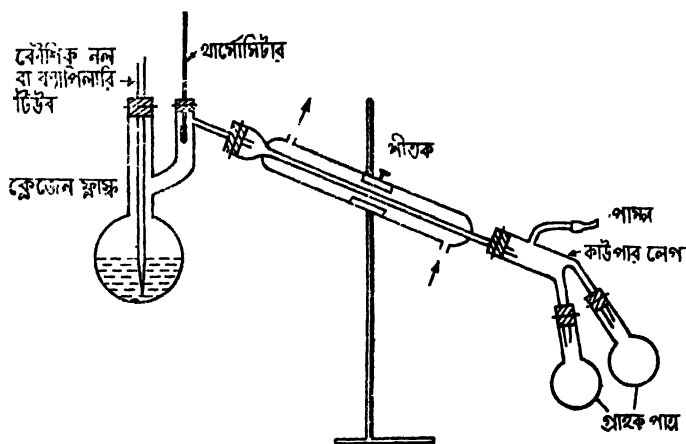
তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্কের পার্থক্যের উপর আংশিককরণ স্তম্ভের দৈর্ঘ্য এবং আকৃতি নির্ভর করে। পার্থক্য যদি খুব কম হয় সেক্ষেত্রে স্তম্ভটি দীর্ঘ হবে। একবার

আংশিক পাতনে যদি প্রাপ্ত তরল বিশুদ্ধ না হয় তবে দ্বিতীয় বা তৃতীয়বার এই একই পদ্ধতিতে তরলটিকে বিশুদ্ধ করা হয়।

স্ফুটনাঙ্ক সুনির্দিষ্ট হলেই পাতিত বস্তু বিশুদ্ধ নাও হতে পারে। যেমন অ্যাজিয়োট্রোপ (Azcotrope)-এর ক্ষেত্রে দেখা গেছে অ্যাজিয়োট্রোপ মিশ্রণে একাধিক তরল বস্তু একত্রে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ফোটে। তবে অ্যাজিয়োট্রোপ মিশ্রণে উপাদানগুলি একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে থাকে। এইরকম মিশ্রণ অবশ্য কম আছে। যেমন শোধিত কোহলে (Rectified spirit) 95·6% কোহল ও 4·4% জল থাকে। এই শোধিত কোহল থেকে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় 4·4% জলকে অপসারণ করা সম্ভব নয়।

নিম্নচাপ ও অনুপ্রেষ পাতন (Distillation under Reduced Pressure & Vacuum Distillation) : স্ফুটনাঙ্কে যে সকল তরল বিযোজিত হয় তাদের পাতন বা আংশিক পাতন করা সম্ভব নয়। এইসব তরলকে নিম্নচাপে পাতন করলে তরল পদার্থটি বিযোজিত হতে পারে না।

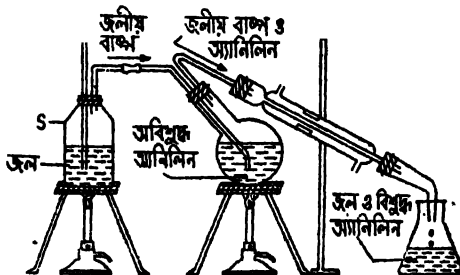
নিম্নচাপে পাতনে সাধারণ পাতন ফ্লাস্কের পরিবর্তে ক্লেজেন ফ্লাস্ক (Claisen flask) ব্যবহার করা হয়। চিত্রে বর্ণিত ক্লেজেন ফ্লাস্কের পাশের নলের সঙ্গে

চিত্র 6

থার্মোমিটার এবং এর সঙ্গে যে পার্শ্বনল থাকে তার সঙ্গে লিবিগ শীতক যুক্ত থাকে। শীতকের শেষে কাউপার লেগ নামে একটি অ্যাডাপ্টার থাকে যার বিভক্ত দুই নলে দুটি গ্রাহক পাত্র যুক্ত থাকে। এই অ্যাডাপ্টারের সঙ্গে রাবার নলের সাহায্যে পাম্প ও

ম্যানোমিটারের সঙ্গে T টিউব দিয়ে যুক্ত থাকে। ক্লেজেন ফ্লাস্কের অন্য গলায় ক্যাপিল্যারি টিউব বা কৈশিক নল রাবার কর্কের সাহায্যে এমনভাবে আটকান থাকে যাতে ক্যাপিলারি টিউবের ক্যাপিলারি অংশটি ফ্লাস্কের তরলের মধ্যে ডুবে থাকে।

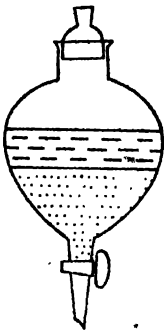
এখন পাম্প চালিয়ে স্টপককটি ঘুরিয়ে পাতন যন্ত্রের সঙ্গে সংযোগ স্থাপন করা হয়। এতে পাতন যন্ত্রের মধ্যে বায়ুর চাপ কমে যাবে ফলে ক্যাপিল্যারি টিউব দিয়ে বুদবুদাকারে বাতাস প্রবাহিত হয়ে তরলটিকে আন্দোলিত করবে। ম্যানোমিটার থেকে পাতন যন্ত্রের মধ্যে চাপ মাপা হয়। এখন ক্লেজেন ফ্লাস্কটিকে গরম করলে বাষ্প ফ্লাস্কের পাশের নল দিয়ে গিয়ে শীতকে আসবে এবং এখানে ঘনীভূত হয়ে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হবে। থার্মোমিটার থেকে স্ফুটনাঙ্ক জানা যাবে। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যতক্ষণ পর্যন্ত না পৌঁছাবে ততক্ষণ পর্যন্ত পাতিত বস্তু একটি গ্রাহক পাত্রে সংগ্রহ করা হয়। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় এলে কাউপার অ্যাডাপ্টারটি ঘুরিয়ে অন্য গ্রাহক পাত্রে তরল সংগ্রহ করা হয়। পাতন শেষ হয়ে গেলে ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করা হয় এবং আস্তে আস্তে স্টপকক খুলে বায়ুমণ্ডলের চাপে আনা হয় এবং এরপর পাম্প বন্ধ করা হয়।

অনেক কঠিন পদার্থকেও এই পদ্ধতিতে পাতন করে বিশুদ্ধ করা হয়। পাম্প চালিয়ে পাতন যন্ত্রের মধ্যের চাপ 0·1 mm পারদ স্তম্ভের চাপে আনা যায়। চাপের সঙ্গে কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক সমানুপাতিক।

বাষ্পপাতন (Steam Distillation) : অনেক জৈব যৌগ জলে অদ্রাব্য হলেও বাষ্পের সঙ্গে উদ্বায়ী হয় এবং বাষ্প দিয়ে উদ্বায়ী করে পাতনে বিশুদ্ধ করা যায়। এতে অনুদ্বায়ী অশুদ্ধিগুলি পাতন ফ্লাস্কে পড়ে থাকে। এই পদ্ধতিতে শোধনের নাম বাষ্পপাতন।

চিত্র 7

একটি গোলতল ফ্লাস্কে অশুদ্ধ জৈব যৌগকে কিছু জল সমেত নেওয়া হয়। এই ফ্লাস্কে রাবারের কর্কের সাহায্যে দুটি কাচ নল প্রবেশ করান থাকে। একটি নল ফ্লাস্কের শেষ পর্যন্ত প্রবেশ করান থাকে। এই নলের সঙ্গে বাষ্প তৈরির পাত্রের (S) সঙ্গে যুক্ত। বাষ্প তৈরির পাত্রে আর একটি লম্বা কাচ নল পাত্রের শেষ পর্যন্ত প্রবেশ করান থাকে। এই পাত্রে বাষ্পের অতিরিক্ত চাপ হলে এই নলের মধ্য দিয়ে উঠে আসবে এবং পাত্রের চাপ কমতে সাহায্য করবে। গোলতল ফ্লাস্কের অপর নলটির সঙ্গে শীতক যুক্ত থাকে এবং শীতকের শেষে গ্রাহক পাত্র থাকে। এই ফ্লাস্কটিকেও উত্তপ্ত করা হয় যাতে বাষ্প এখানে ঘনীভূত হয়ে না পড়ে। জলীয় বাষ্পের সঙ্গে উদ্বায়ী জৈব যৌগ চলে আসে এবং শীতকের মধ্য দিয়ে যাবার সময় ঘনীভূত হয়ে পড়ে গ্রাহক পাত্রে জলের সঙ্গে জমা হয়।

গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত জৈব যৌগ যদি কঠিন হয় তবে একে পরিস্রাবণ করে জল দূর করা হয়। কিন্তু পাতিত বস্তু যদি তরল হয় সেক্ষেত্রে দ্রাবক দিয়ে নিষ্কাশিত করে, পরে দ্রাবককে পাতন করে পৃথক করলে জৈব যৌগ (তরল) পাওয়া যায়। অ্যানিলিনকে বাষ্পপাতন করে বিশুদ্ধ করা হয়।

দ্রাবক দ্বারা নিষ্কাশন (Solvent Extraction) : জৈব যৌগের জলীয় দ্রবণে বা প্রলম্বনে (Suspension) যদি অপর একটি দ্রাবক মিশিয়ে বিশুদ্ধ অবস্থায় নিষ্কাশন করা যায় তাকে দ্রাবক দ্বারা নিষ্কাশন বলে। এই নিষ্কাশনে এমন দ্রাবক বাছতে হবে যা জলে অদ্রাব্য বা আংশিক দ্রাব্য এবং ঐ দ্রাবকে জৈব যৌগটি জলের থেকে অধিক দ্রাব্য। এই নিষ্কাশনে বিচ্ছেদক ফানেল সাধারণত ব্যবহার করা হয়।

চিত্র ৪

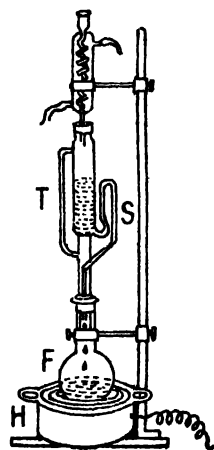
প্রথমে প্যাঁচকল বন্ধ করে জৈব যৌগের জলীয় দ্রবণ বা প্রলম্বন বিচ্ছেদক ফানেলে নেওয়া হয়। পরে ঐ দ্রাবকটি (সাধারণত ইথার) মেশান হয়। ইথার মেশানর পরে বিচ্ছেদক ফানেলের ছিপি বন্ধ করে, উল্টে ঝাঁকান হয় এবং মাঝে মাঝে প্যাঁচকল খুলে ফানেলের মধ্যের চাপ (ইথার বাষ্পের) বার করে দেওয়া হয়। এরপর ফানেলটিকে স্থিরভাবে রেখে দিলে জৈব যৌগটি ইথারে দ্রবীভূত হয়ে জলের স্তরের উপরে ভেসে উঠবে। কারণ ইথার জলের থেকে হাল্কা এবং আংশিক দ্রাব্য। এখন বিচ্ছেদক ফানেলের ছিপি খোলার পর তলার প্যাঁচকল খুলে সাবধানে জলের স্তরটি বার করে দেওয়া যায় এবং ইথার স্তরটি অন্য পাত্রে ঢেলে

রাখা হয়। এই পদ্ধতিতে একবার প্রয়োগ করে যদি সম্পূর্ণ জৈব যৌগ নিষ্কাশিত না হয়, তবে এই রকমভাবে আরো দুএকবার করা হয় এবং ইথার স্তরটিকে একটি পাত্রেই জমা করা হয়। পরে জৈব যৌগের এই ইথার দ্রবণকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম সালফেট দিয়ে জল অপসারণের পর ইথারকে পাতিত করে দূরীভূত করলে জৈব যৌগ পাওয়া যাবে, যাকে কঠিন হলে আংশিক কেলাসন করে এবং তরল হলে আংশিক পাতনে বিশুদ্ধ করা হয়।

দ্রাবক দ্বারা নিষ্কাশনে ইথার বা বেনজিন বা ক্লোরোফর্ম ব্যবহার করা হয়। কারণ এই দ্রাবকগুলি জলে প্রায় অদ্রাব্য এবং এগুলিকে পাতনে সহজে দূর করা যায় এবং এগুলিতে বেশির ভাগ জৈব যৌগ জলের থেকে অধিক দ্রাব্য।

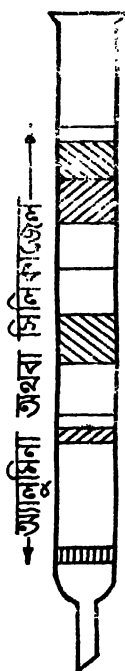
সক্সলেটের সাহায্যে নিষ্কাশন (Soxhlet Extraction) : জৈব বা অজৈব যৌগকে মিশ্রণ থেকে সক্সলেটের সাহায্যে অল্প দ্রাবক ব্যবহার করে খুব ভালোভাবে নিষ্কাশন করা যায়।

সক্সলেট যন্ত্রটি একটি কাচের সিলিণ্ডারের মত, যার তলাটা বন্ধ থাকে এবং তলার দিকে একটি নল গোলতল ফ্লাস্কের (F) সঙ্গে কর্কের সাহায্যে যুক্ত থাকে। এই নলের থেকে একটি নল 'T' বার হয়ে গিয়ে সক্সলেটের উপর দিকে পার্শ্বনলের মত যুক্ত থাকে এবং অপর একটি নল 'S' ঐ সিলিণ্ডারের তলা থেকে বার হয়ে সাইফনের মত হয়ে ঐ কাচনলের সঙ্গে যুক্ত থাকে। ভাল করে গুড়ো করা মিশ্র পদার্থটিকে ফিল্টার কাগজে জড়িয়ে সক্সলেটের সিলিণ্ডারের মত অংশের মধ্যে নেওয়া হয় এবং মিশ্র পদার্থটির উপরে গ্লাস উল দিয়ে ঢেকে দেওয়া হয়। এ অংশকে থিম্বল (Thimble) বলে। সক্সলেটের উপরে একটি ভাল শীতক 'C' যুক্ত থাকে। গোলতল ফ্লাস্ক F-এ দ্রাবক নেওয়া হয় এবং এটিকে হিটিং মেণ্টেলের H উপর বসিয়ে ফোটান হয়। দ্রাবকের বাষ্প পার্শ্বনল দিয়ে উঠে সক্সলেটের মধ্য দিয়ে গিয়ে শীতকে এলে ঘনীভূত হয়ে পড়ে এবং থিম্বলের উপর তরলাকারে পড়তে থাকে। থিম্বলে মিশ্র পদার্থটি দ্রাবকে ভিজতে থাকে এবং দ্রাবকের স্তর ক্রমশ বাড়তে থাকে। এতে সাইফন নলেও দ্রাবক স্তর

চিত্র 9

বাড়তে থাকে এবং একবার সাইফনের মাথা পর্যন্ত উঠলে, থিম্বলে সঞ্চিত সমস্ত দ্রাবক সাইফন হয়ে F ফ্লাস্কে চলে আসবে এবং দ্রাবক আসার সময় মিশ্র পদার্থ থেকে দ্রাব্য বস্তুকে দ্রবীভূত করে আনে। এতে ফ্লাস্ক F থেকে ক্রমাগত বিশুদ্ধ দ্রাবক বাষ্পীভূত হয়ে থিম্বলে সঞ্চিত হবে এবং কিছুক্ষণ অন্তর অন্তর তা ফ্লাস্কে সাইফন হয়ে চলে আসবে। ফলে ফ্লাস্কে দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ ক্রমশ বাড়বে। এতে একই পরিমাণ দ্রাবক দিয়ে খুব ভালভাবে দ্রবীভূত পদার্থকে নিষ্কাশিত করা যায়।

পরে এই দ্রবণ থেকে দ্রাবককে পাতনে দূর করে নিষ্কাশিত পদার্থকে নানা প্রক্রিয়ায় বিশুদ্ধ করা হয়।

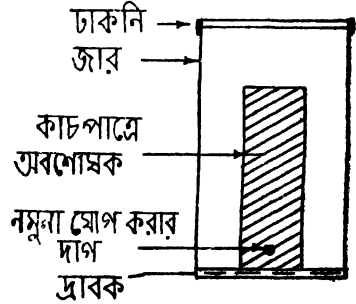
সক্সলেট পদ্ধতিতে বীজ থেকে উদ্ভিজ্জ তেল, ফুলের নির্যাস, অ্যালকালয়েড ইত্যাদি নিষ্কাশন করা হয়। দ্রাবক হিসেবে কোহল, ক্লোরোফর্ম, বেনজিন ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।

ক্রোমাটোগ্রাফী (Chromatography) ঃ ক্রোমাটোগ্রাফী পদ্ধতিতে মিশ্র জৈব যৌগ থেকে উপাদানগুলিকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করা যায়।

চিত্র 10

ক্রোমাটোগ্রাফী পদ্ধতিতে উপাদানগুলি দুটি দশা বা Phase-এর মধ্যে বিভিন্নভাবে বণ্টিত হয়। দুটি দশার মধ্যে একটি দশা স্থির থাকে এবং অপরটি চলমান অবস্থায় থাকে। স্থির দশাটি কঠিন পদার্থ এবং চলমান দশাটি তরল বা বিশেষ ক্ষেত্রে গ্যাসীয় পদার্থ হয়। স্থির দশাটি কঠিন হলে উপাদানগুলিকে বিভিন্ন মাত্রায় অবশোষণ করে। সাধারণত ক্রোমাটোগ্রাফী তিন রকমের হয়। যেমন (i) কালাম বা স্তম্ভ (Column) ক্রোমাটোগ্রাফী, (ii) পাতলা স্তর ক্রোমাটোগ্রাফী (Thin layer chromatography), (iii) কাগজ ক্রোমাটোগ্রাফী (paper chromatography)।

কালাম ক্রোমাটোগ্রাফী ঃ একটি লম্বা টিউবের শেষের দিকটা সরু করা থাকে এবং শেষ প্রান্তে গ্লাস উল দিয়ে বন্ধ করা থাকে। এই টিউবে প্রয়োজনানুসারে অ্যালুমিনা বা সিলিকাজেলের মিহি গুড়ো দ্রাবক মিশিয়ে নেওয়া হয় এবং ভালো করে ভর্তি করা হয়। দ্রাবক হিসাবে ইথার, পেট্রোলিয়াম

ইথার, বেনজিন ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। এখন অবিশুদ্ধ জৈব যৌগ ঐ দ্রাবকে গুলে ঐ কালামের উপরে ঢেলে দেওয়া হয় এবং ক্রমাগত দ্রাবক যোগ করা হয়। এতে যৌগগুলি বিভিন্ন হারে দ্রাবকের সঙ্গে নিচের দিকে নামতে থাকে। প্রাপ্ত দ্রবণকে বিভিন্ন কনিক্যাল ফ্লাস্কে সংগ্রহ করা হয়। বিভিন্ন উপাদানগুলি বিভিন্ন ফ্লাস্কে জমা পড়বে। পরে ফ্লাস্ক থেকে দ্রাবককে বাষ্পীভূত করে দিলে বিশুদ্ধ উপাদানটি পাওয়া যাবে। কোন একটি বিশেষ দ্রাবকে সব উপাদান নিচে আসতে নাও পারে। সেক্ষেত্রে বিভিন্ন দ্রাবক ব্যবহার করা হয়। অ্যালুমিনা বা সিলিকাজেলকে (কঠিন) অবশোষক (absorbent) বলে। অবশোষকের স্তম্ভ যত দৈর্ঘ্য হবে তত ভালোভাবে উপাদানগুলি পৃথক করা যাবে।

পাতলা স্তর ক্রোমাটোগ্রাফী (TLC) ঃ একটি কাচের পাতে অ্যালুমিনা বা সিলিকাজেল বা সেলুলোজ অবশোষক বিশেষ দ্রাবক বা জল দিয়ে পাতলা কাদার মত করে সমান পাতলা স্তর প্রস্তুত করা হয়। স্তরটি শুকিয়ে নিয়ে এক প্রান্তে অবিশুদ্ধ নমুনার দ্রবণ ক্যাপিলারি টিউবে নিয়ে যোগ করা হয়। পরে ঐ কাচের পাতটিকে একটি জারে ঢুকিয়ে ঢাকনি বন্ধ করে দেওয়া হয়। এই জারে অল্প দ্রাবক নেওয়া হয়। দ্রাবক ক্যাপিলারি অ্যাকশানে উপর দিকে উঠতে থাকবে এবং নমুনার উপাদানকে বিভিন্ন উচ্চতায় নিয়ে উঠবে। বিভিন্ন উচ্চতা থেকে নমুনার বিভিন্ন উপাদানগুলিকে পৃথক করা যায়। অল্প পরিমাণ বস্তুকে এই উপায়ে পৃথক করা যায়। উপাদানগুলি বর্ণহীন হলে আয়োডিন চেম্বারে ঢুকিয়ে বিন্দু দেখে কটি উপাদান আছে তা বলা যায়।

চিত্র 11

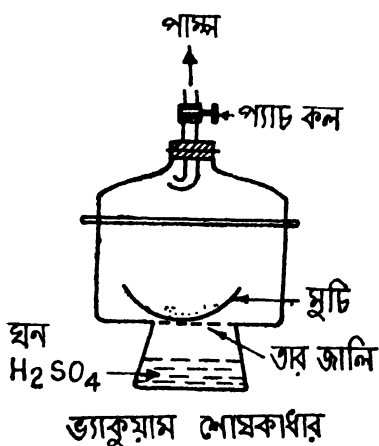
কাগজ ক্রোমাটোগ্রাফী ঃ কাগজ ক্রোমাটোগ্রাফী TLC-র মত, তবে এখানে পাতলা অবশোষক স্তরের পরিবর্তে অবশোষক স্তর হিসেবে কাগজ ব্যবহার করা হয়।

রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical Methods) ঃ এই পদ্ধতিতে অবিশুদ্ধ জৈব যৌগকে বিশেষ প্রক্রিয়ায় এমন একটি জাতকে (Derivative) পরিবর্তন করা

হয় এবং পরে পৃথক ও বিশুদ্ধ করে বিশেষ প্রক্রিয়ায় বিযোজন করে পুনরায় আগের জৈব যৌগে পরিণত করা হয়। এতে অশুদ্ধিগুলিকে দূর করা সহজেই যায়।

এই পদ্ধতিতে অ্যাসিট্যালডিহাইডকে অ্যামোনিয়া দিয়ে বিক্রিয়া করিয়ে কঠিন অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়াতে পরিবর্তন করে এবং পরে ঐ বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডি-হাইড অ্যামোনিয়াকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে বিয়োজিত করে পাতনে বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনকে পিকরেট (Picrate) করে পরে অ্যালুমিনার মধ্য দিয়ে পরিচালিত করলে পিকরেট বিযোজিত হয়ে বিশুদ্ধ হাইড্রোকার্বন পাওয়া যায়।

রাসায়নিক পদ্ধতিতে মিথাইল কোহল, অ্যালডিহাইডকে শোধন করা যায়।

জৈব যৌগের শুষ্ককরণ (Drying of Organic Compounds) : ভ্যাকুয়াম ডেসিকেটার বা শোষকাধারে (Dessicator) অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের নিচে তারজালির উপর পোর্সি-লিনের মুচিতে কঠিন জৈব যৌগ রাখা হয় এবং ঢাকনী বন্ধ করে দিয়ে ঢাকনিতে অবস্থিত নলটির সঙ্গে পাম্প যুক্ত করে চালিয়ে দেওয়া হয়। এতে শোষকাধারের মধ্যের বায়ু চলে যায় এবং এতে জলীয় বাষ্প বা দ্রাবক বাষ্প জৈব যৌগ থেকে মুক্ত হয়ে পাম্পের মধ্য দিয়ে বার হয়ে যায়। কিছুক্ষণ পাম্প চালাবার পর প্যাচকল বন্ধ করে দিয়ে পাম্প বন্ধ করা হয় এতে শোষকাধারের মধ্যে বায়ুচাপ খুবই কম থাকে। অবশিষ্ট জলীয় বাষ্প ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড শোষণ করে নেবে।

চিত্র 12

এ ছাড়া ড্রাইং পিস্তল (Drying pistol) নামে এক বিশেষ যন্ত্রের সাহায্যে কঠিন জৈব যৌগকে শুষ্ক করা হয়।

তরল জৈব যৌগকে শুষ্ক করতে হলে তরল বস্তুর সঙ্গে পোড়াচুন অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা অনার্দ্র ম্যাগনেশিয়াম সালফেট বা ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড রেখে দিলে

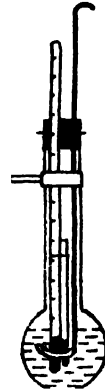
ঐ সকল বস্তু জৈব যৌগ থেকে জল শোষণ করে নেবে পরে তরল জৈব যৌগটিকে পরিস্রাবণ করে আলাদা করে নিয়ে পাতন করে শুষ্ক তরলে পরিণত করা হয়। এক এক প্রকার জৈব যৌগের ক্ষেত্রে এক এক রকম জল শোষক পদার্থ ব্যবহার করা হয়। যেমন শোধিত কোহল (Rectified spirit) থেকে নির্জল কোহল প্রস্তুতিতে পোড়াচুন ব্যবহার করা হয়। ইথারকে জলমুক্ত করতে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড ব্যবহার করা হয়। অন্যান্য ক্ষেত্রে অনার্দ্র $CaCl_2$ বা $MgSO_4$ ব্যবহার করা হয়।

বিশুদ্ধতার পরীক্ষা (Test of Purity) **:** জৈব যৌগ কঠিন হলে গলনাঙ্ক দিয়ে এর বিশুদ্ধতা পরীক্ষা করা যায়। যৌগ বিশুদ্ধ হলে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যৌগটি সম্পূর্ণ গলে যাবে। যৌগটি অবিশুদ্ধ হলে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সম্পূর্ণ না গলে কিছুটা তাপমাত্রা জুড়ে গলতে থাকবে।

যৌগটি তরল হলে স্ফুটনাঙ্ক দিয়ে এর বিশুদ্ধতা পরীক্ষা করা যায়। বিশুদ্ধ তরল নির্দিষ্ট চাপে একটি সুনির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ফুটবে।

গলনাঙ্ক নির্ণয় : পাইরেক্স গ্লাসের তৈরী লম্বা গলাযুক্ত একটি ছোট গোলতল ফ্লাস্কে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড নেওয়া হয়। একে সালফিউরিক অ্যাসিড বাথ (Sulphuric acid bath) বলে। বাথের মধ্যে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড নেওয়া হয়। বাথটি কর্ক দিয়ে বন্ধ করা থাকে। কর্কের মধ্য দিয়ে একটি থার্মোমিটার এমনভাবে প্রবেশ করানো থাকে যাতে থার্মোমিটারের বাল্বটি অ্যাসিডের মধ্যে ডুবে থাকে। আর একটা আলোড়ক (Stirrer) বাথের মধ্যে প্রবেশ করান থাকে।

চিত্র 13

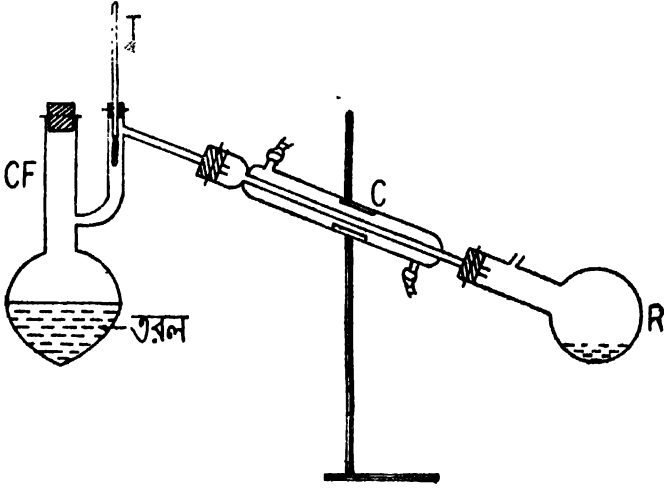
এখন কঠিন জৈব যৌগকে ভালো করে গুড়ো করে সচ্ছিদ্র প্লেটের উপর দিয়ে ভালো করে শুকনো করা হয়। পরে শুকনো ও মিহি যৌগটি প্লেটের উপর এক জায়গায় উঁচু করে রাখা হয়। এর পর (পাতলা দেওয়াল যুক্ত) একটি ক্যাপিলারি টিউব নিয়ে তার এক দিকের মুখটি গালিয়ে বন্ধ করে দেওয়া হয়। অপর মুখটি উঁচু করা জৈব যৌগের উপর প্রবেশ করিয়ে কিছু কঠিন পদার্থকে টিউবটির মধ্যে নিয়ে নেওয়া হয় এবং সাবধানে সীল করা দিকটা টেবিলে ঠুকে জৈব যৌগটিকে সীল করা দিকে নিয়ে

নেওয়া হয়। ক্যাপিলারি টিউবে যৌগটির উচ্চতা প্রায় $\frac{1}{2}$ সেমি হলে আর যৌগটি ক্যাপিলারিতে ঢোকাবার প্রয়োজন নেই। এখন ঐ ক্যাপিলারি টিউবটিকে সালফিউরিক অ্যাসিডে ভেজান থার্মোমিটার বাল্বের গায়ে লাগিয়ে দেওয়া হয়। ক্যাপিলারি টিউবটি থার্মোমিটারের গায়ে পৃষ্ঠটানে (Surface tension) লেগে থাকবে।

ক্যাপিলারি টিউব সমেত থার্মোমিটারটিকে সাবধানে ঐ অ্যাসিড বাথে প্রবেশ করান হয়। থার্মোমিটারের বাল্ব এবং ক্যাপিলারির যে অংশে জৈব যৌগটি আছে তা অ্যাসিডের মধ্যে ডুবে থাকবে, কিন্তু ক্যাপিলারির বাকী অংশ বেশ খানিকটা অ্যাসিড তলের উপরে থাকবে (চিত্র 13 অনুযায়ী)। বাথের গোলতল অংশটিকে বার্নারের নীল ছোট শিখার সাহায্যে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয় এবং মাঝে মাঝে আলোড়কটি উপর নিচ করে বাথের তাপমাত্রা সর্বত্র সমান করা হয়। থার্মোমিটার ও ক্যাপিলারিতে অবস্থিত যৌগটি উত্তপ্ত করার সময় সর্বদা লক্ষ্য রাখতে হয়। কোন এক তাপমাত্রায় যৌগটি একসঙ্গে সমস্তটা গলে যাবে। ঐ তাপমাত্রাটি হবে যৌগটির গলনাঙ্ক। যদি খানিকটা তাপমাত্রা জুড়ে যৌগটি গলে তবে বুঝতে হবে যৌগটি অবিশুদ্ধ।

গলার আগে অনেক যৌগ কালো হয়ে পড়ে অর্থাৎ গলনাঙ্কে পৌঁছাবার আগেই ঐ বস্তুটি বিভাজিত হয়ে পড়ে। অধিক গলনাঙ্কের যৌগের ক্ষেত্রে সালফিউরিক অ্যাসিডে অনেক সময় পটাসিয়াম সালফেট ব্যবহারে সালফিউরিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক বাড়িয়ে নেওয়া হয় বা সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে গ্লিসারল বা নাইট্রেট বাথ ব্যবহার করা হয়।

মিশ্র যৌগের গলনাঙ্ক (Mixed Melting Point) ঃ আনুষঙ্গিক পরীক্ষা ও গলনাঙ্ক নির্ণয়ে কোন জৈব যৌগকে সনাক্ত করার পর ঐ যৌগটির সঙ্গে বিশুদ্ধ নমুনা মিশিয়ে নিয়ে গলনাঙ্ক নির্ণয় করা হয়। ঐ দুই মিশ্রিত যৌগ যদি অভিন্ন হয় সে ক্ষেত্রে গলনাঙ্কে কোন পরিবর্তন হবে না। কিন্তু পৃথক হলে গলনাঙ্কে পার্থক্য হবে। এই পদ্ধতিতে কোন যৌগ সনাক্ত করাকে মিশ্র যৌগের গলনাঙ্ক নির্ণয় বলে।

স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় (Determination of Boiling Point) ঃ একটি ছোট ক্লেজেন ফ্লাস্কে CF অল্প বিশুদ্ধ তরল (জৈব যৌগ) নিয়ে ক্লেজেনের একটি মুখ কর্ক এবং অপর মুখটি থার্মোমিটার (T) কর্কের সঙ্গে লাগান থাকে। ক্লেজেন ফ্লাস্কে নির্গম নলটির সঙ্গে ছোট লিবিগ শীতক (C) এবং শীতকের শেষে পার্শ্বনলযুক্ত গ্রাহক পাত্র (R) যুক্ত থাকে। ফ্লাস্কটিকে বার্নারের সাহায্যে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করলে তরলটি ফুটতে

আরম্ভ করবে এবং বাষ্প ক্লেজেনের পাশের নল দিয়ে যাবার সময় থার্মোমিটারকে স্ফুটনাঙ্কে উত্তপ্ত করবে। তরলটি শীতকে এসে ঘনীভূত হয়ে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত

চিত্র 14

হবে। থার্মোমিটার থেকে স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করা হয়। তরলটি স্বচ্ছন্দভাবে ফোটার জন্য তরলের মধ্যে ভাঙ্গা ক্যাপিলারি বা সচ্ছিদ্র বস্তু (Porous material) দিয়ে দেওয়া হয়। এতে তরলটি অধিক উত্তপ্ত (Over heating) হবার ভয় থাকবে না।

প্রশ্নাবলী

1. জৈব যৌগদের কেন শোধন করা হয় ?
2. কি কি উপায়ে জৈব যৌগগুলিকে শোধন করা হয় ?
3. কেলাসন ও পুনঃকেলাসন কি ?
4. কম তাপমাত্রায় কিভাবে উর্ধ্বপাতন করা হয় ?
5. কি কি উপায়ে জৈব যৌগদের শুষ্ককরণ করা হয় ?
6. টীকা লিখ—(i) বাষ্পপাতন ; (ii) ক্রোমাটোগ্রাফী ; (iii) আংশিক পাতন ; (iv) অনুপ্রেষ পাতন ; (v) দ্রাবক দ্বারা নিষ্কাশন : (vi) সক্সলেট দ্বারা নিষ্কাশন।
7. জৈব যৌগের বিশুদ্ধতার পরীক্ষা কি ভাবে করা হয় ?

৩

জৈব যৌগের বিশ্লেষণ
Analysis of Organic Compounds

জৈব যৌগে অবস্থিত বিভিন্ন মৌলকে সনাক্ত করা হল জৈব যৌগের বিশ্লেষণের প্রথম ধাপ। যে কোন জৈব যৌগে কার্বন অবশ্যই থাকবে। সুতরাং যে কোন জৈব যৌগে কার্বন এবং এক বা একাধিক অন্য যে কোন মৌল থাকতে পারে। সাধারণত জৈব যৌগে কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন থাকে। এছাড়া সচরাচর যে সকল মৌল থাকে তা হল নাইট্রোজেন, সালফার, ফসফরাস, বিভিন্ন ধাতু ইত্যাদি।

কার্বন ও হাইড্রোজেন সনাক্তকরণ ঃ জৈব যৌগ হলে অবশ্যই তাতে কার্বন থাকবে। তবে যৌগটি জৈব যৌগ কিনা তা নির্ণয় করার জন্য এই পরীক্ষাটি করা হয়। এই পরীক্ষাটিতে একই সঙ্গে হাইড্রোজেনকেও সনাক্ত করা যায়।

একভাগ জৈব যৌগের সঙ্গে প্রায় তিন-চার ভাগ অনুপাতে কিউপ্রিক অক্সাইড মিশিয়ে মিশ্রণটিকে শক্ত টেস্ট টিউবে নেওয়া হয়। টেস্ট টিউবের মুখে একটি বাঁকা নল কর্কের মধ্য দিয়ে লাগান থাকে। এখন টিউবটিকে উত্তপ্ত করলে জৈব যৌগে অবস্থিত কার্বন ও হাইড্রোজেন কিউপ্রিক অক্সাইড দ্বারা জারিত হয়ে যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হবে। উৎপন্ন জল টেস্ট টিউবের ঠাণ্ডা অংশে ঘনীভূত হয় এবং ঘনীভূত তরল অনার্দ্র কপার সালফেটকে (সাদা) নীল বর্ণে পরিণত করে। উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চুনের জলকে ঘোলা করবে।

জৈব যৌগটি গ্যাসীয় বা তরল হলে যৌগটির বাষ্প উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করান হয় এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলকে আগের মত সনাক্ত করা হয়।

অক্সিজেন সনাক্তকরণ ঃ সরাসরি কোন পদ্ধতির মধ্য দিয়ে অক্সিজেনকে সনাক্ত করা যায় না। তবে পরোক্ষভাবে অক্সিজেনকে সনাক্ত করা হয়।

নাইট্রোজেন, সালফার ও হ্যালোজেন সনাক্তকরণ (লাসাইনে পদ্ধতি) ঃ যৌগটিকে গলন নলে নিয়ে সদ্যকাটা ধাতব সোডিয়ামের টুকরো সহ উত্তপ্ত করে নলটিকে লাল করা হয়। ঐ লোহিত তপ্ত নলটিকে খলে অবস্থিত পাতিত জলে ডুবিয়ে মুষল দিয়ে গলিত বস্তু সমেত গলন নলকে পিষে গুঁড়ো করা হয়।

পরে ঐ দ্রবণটিকে পরিশ্রুত করা হয়। এই পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন সোডিয়াম সায়ানাইডে, সালফার সোডিয়াম সালফাইডে এবং হ্যালোজেন সোডিয়াম হ্যালাইডে পরিণত হয় এবং ঐ সকল লবণ জলে দ্রবণীয় বলে পরিশ্রুতে চলে আসবে।

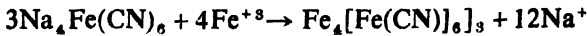
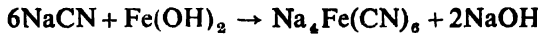
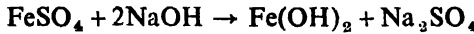
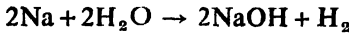
(i) **নাইট্রোজেন:** পরিশ্রুত দ্রবণে সদ্যপ্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ যোগ করে উত্তপ্ত ও পরে ঠাণ্ডা করে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে আম্লিক করা হয়। এতে নীল অধঃক্ষেপ বা দ্রবণের বর্ণ নীল বা সবুজ হলে জৈব যৌগে নাইট্রোজেন আছে প্রমাণিত হয়।

নাইট্রোজেন যুক্ত জৈব যৌগকে ধাতব সোডিয়াম দিয়ে উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম সায়ানাইডে পরিণত হয়। ফেরাস সালফেট কস্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফেরাস হাইড্রক্সাইড ও সোডিয়াম সালফেটে পরিণত হয়। ঐ ফেরাস হাইড্রক্সাইড সোডিয়াম সায়ানাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফেরোসায়ানাইডে পরিণত হয়; যা অ্যাসিড মাধ্যমে ফেরিক আয়নের(*) সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রুশিয়ান নীল বা ফেরিক ফেরোসায়ানাইডে $Fe_4[(Fe(CN)_6]_3$ পরিণত হয়।

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$$

$$FeSO_4 + 2NaOH \rightarrow Fe(OH)_2 + Na_2SO_4$$

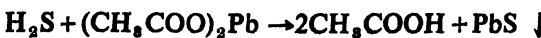
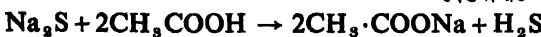
$$6NaCN + Fe(OH)_2 \rightarrow Na_4Fe(CN)_6 + 2NaOH$$

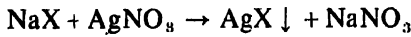
$$3Na_4Fe(CN)_6 + 4Fe^{+3} \rightarrow Fe_4[Fe(CN)]_6]_3 + 12Na^+$$

(*) ফেরাস লবণে যে পরিমাণ (Fe^{+3}) (ইক) আয়ন থাকে তা এই বিক্রিয়ার পক্ষে যথেষ্ট।

(ii) **সালফার:** সালফার ঘটিত জৈব যৌগকে ধাতব সোডিয়াম দিয়ে উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম সালফাইডে পরিণত হয়। পরিশ্রুত দ্রবণে সদ্য প্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড $[(Na_2Fe(CN)_5NO)]$ দ্রবণ যোগ করলে রঙ বেগুনী হয়। অথবা পরিশ্রুত দ্রবণে অ্যাসিটিক অ্যাসিড যোগে আম্লিক করে লেড অ্যাসিটেট দ্রবণ যোগ করলে লেড সালফাইডের কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে। এই দুই পরীক্ষা দিয়ে জৈব যৌগে সালফারের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়।

$$Na_2S + Na_2[Fe(CN)_5NO] \rightarrow \underset{\text{বেগুনী রঙ}}{Na_4[Fe(CN)_5NOS]}$$

$$Na_2S + 2CH_3COOH \rightarrow 2CH_3 \cdot COONa + H_2S$$

$$H_2S + (CH_3COO)_2Pb \rightarrow 2CH_3COOH + \underset{\text{কালো}}{PbS \downarrow}$$

(iii) **হ্যালোজেন :** হ্যালোজেন ঘটিত জৈব যৌগকে ধাতব সোডিয়াম দিয়ে উত্তপ্ত করলে জৈব যৌগের হ্যালোজেন সোডিয়াম হ্যালাইডে পরিণত হয় এবং এই হ্যালাইডগুলি জলে দ্রাব্য। অতএব পরিশ্রুত দ্রবণকে নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে আম্লিক এবং উত্তপ্ত করার পর ঠাণ্ডা করে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে সিলভার হ্যালাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে।

$$NaX + AgNO_3 \rightarrow AgX \downarrow + NaNO_3$$

জৈব যৌগে ক্লোরিন থাকলে দইয়ের মত সাদা সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে, যা নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য, কিন্তু অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণে দ্রাব্য। জৈব যৌগে ব্রোমিন থাকলে ফিকে হলুদ রঙের সিলভার ব্রোমাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে, যা নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু লাইকার অ্যামোনিয়ার দ্রবণে দ্রাব্য। জৈব যৌগে আয়োডিন থাকলে, হলুদ রঙের সিলভার আয়োডাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে, যা নাইট্রিক অ্যাসিড এবং লাইকার অ্যামোনিয়ার দ্রবণে অদ্রাব্য।

এছাড়া জৈব যৌগে ব্রোমিন ও আয়োডিনকে সনাক্ত করার জন্য সোডিয়াম দিয়ে যৌগকে উত্তপ্ত করে জল দিয়ে নিষ্কাশন করে, পরিশ্রুত দ্রবণকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে আম্লিক করে ক্লোরোফর্ম (বা কার্বন টেট্রাক্লোরাইড) (কয়েক ফোঁটা) এবং ক্লোরিন জল যোগ করে ঝাঁকালে যদি ক্লোরোফর্ম তরলের স্তরটি বেগুনী রঙের হয় তবে আয়োডিন আছে। আর বাদামী রঙের হলে ব্রোমিন আছে।

(iv) **ফসফরাস সনাক্তকরণ :** ফসফরাস ঘটিত জৈব যৌগকে গালক-মিশ্রণ (সোডিয়াম কার্বনেট ও পটাশিয়াম নাইট্রেট) সহযোগে উত্তপ্ত করলে ফসফরাস ধাতব ফসফেটে পরিণত হবে। ফসফেটটিকে জল দিয়ে নিষ্কাশন করে নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করে আম্লিক করার পর অ্যামোনিয়াম মলিবডেট যোগ করলে দ্রবণের রঙ ক্যানারী হলুদ বা ক্যানারী হলুদ রঙের অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে।

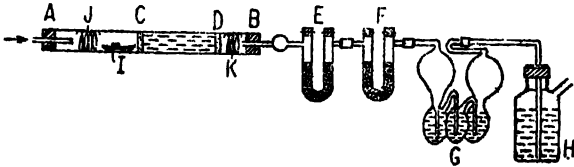
ধাতব মৌল সনাক্তকরণ : ধাতব মৌল যুক্ত জৈব যৌগকে খুব উত্তপ্ত করলে সাধারণত জৈব অংশটি পুড়ে যায় এবং একটা অবশেষ পড়ে থাকে। এই অবশেষটি সাধারণত ধাতব অক্সাইড এবং কোন কোন ক্ষেত্রে ধাতব মৌল বা ধাতব কার্বনেট হয়। অবশেষটিকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে ধাতব মূলকটিকে সনাক্ত করা হয়।

জৈব যৌগে অবস্থিত বিভিন্ন মৌলের পরিমাণ নির্ণয়

কোন জৈব যৌগে কি কি মৌল আছে তাদের সনাক্ত করার পর তাদের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। সাধারণত শতকরা পরিমাণই নির্ণয় করা হয়। মাত্রিক বিশ্লেষণ

(Quantitative analysis) তিন প্রকার হয়, যেমন (i) ম্যাক্র পদ্ধতি (Macro method), (ii) সেমি-মাইক্রো (Semi micro) এবং (iii) মাইক্রো (Micro)। ম্যাক্র পদ্ধতিতে সাধারণত একশ থেকে নয়শ মিলিগ্রাম পরিমাণ যৌগকে নিয়ে বিশ্লেষণ করা হয়, সেমি-মাইক্রোতে 20 থেকে 50 মিলিগ্রাম এবং মাইক্রো পদ্ধতিতে 2 থেকে 5 মিলিগ্রাম পরিমাণ যৌগকে বিশ্লেষণ করা হয়। প্রতিটি ক্ষেত্রে একই নীতি অনুসরণ করা হয়।

কার্বন এবং হাইড্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয়

একই সঙ্গে একই পরীক্ষার মধ্য দিয়ে কার্বন ও হাইড্রোজেন উভয়ের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। শুষ্ক কিউপ্রিক অক্সাইডের উপস্থিতিতে নির্দিষ্ট পরিমাণ জৈব যৌগকে শুষ্ক অক্সিজেন মাধ্যমে অধিক তাপমাত্রায় পুড়িয়ে (দহন করিয়ে) জৈব যৌগে অবস্থিত কার্বনকে সম্পূর্ণরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং হাইড্রোজেনকে জলীয় বাষ্পে পরিণত করা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের পরিমাণ (ওজন) অতঃপর নির্ণয় করা হয় এবং যার থেকে জৈব যৌগে অবস্থিত কার্বন ও হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

চিত্র 15

AB একটি অতি শক্ত কাচনল (যাকে দহন নল বলে) যার দৈর্ঘ্য প্রায় 90 cm এবং ব্যাসার্ধ প্রায় 1·5 cm। AB কাচনলের CD অংশে কিউপ্রিক অক্সাইড থাকে এবং এই কিউপ্রিক অক্সাইডের দুইদিকে অ্যাস্‌বেস্টস ফাইবার দিয়ে প্লাগ (Plug) করা থাকে। E ও F স্টপকক যুক্ত U নল, যার মধ্যে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নেওয়া হয়। G হলো কস্টিক পটাশ বাল্ব, যার মধ্যে কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণ থাকে। H হলো বাব্‌লার (Bubbler) যার মধ্যে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড থাকে। E-র পার্শ্বনল কর্কের সাহায্যে AB নলের সঙ্গে যুক্ত করা হয় এবং F, G, H অংশ রাবার নলের সঙ্গে পর পর একে অন্যের সঙ্গে যুক্ত থাকে। AB নলের A প্রান্তটির

সঙ্গে কর্কের সাহায্যে একটি কাচনল যুক্ত থাকে। I হলো পোর্সিলেনের বা প্লাটিনামের নৌকো (boat), যাতে জৈব যোগ (যার কার্বন ও হাইড্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয় করা হবে) ওজন করে নেওয়া হয়। জৈব যোগ সমেত নৌকোটি AB নলের A প্রান্তের কর্কটি খুলে AB নলের মধ্যে প্রবেশ করিয়ে দেওয়ার পর একটি জারিত তামার কুণ্ডলী (J)-ও প্রবেশ করিয়ে দেওয়া হয়।

অক্সিজেন ভর্তি সিলিণ্ডার থেকে বিশুদ্ধ ও বিশুষ্ক অক্সিজেন A প্রান্ত দিয়ে নলের মধ্যে ধীরে ধীরে প্রবাহিত করা হয় এবং AB নলটিকে বৈদ্যুতিক হীটারের (Heater) সাহায্যে আস্তে আস্তে 600-700°C-এ উত্তপ্ত করা হয়। এতে জৈব যৌগটি বাষ্পীভূত হয়ে অক্সিজেন কর্তৃক বাহিত হয়ে কিউপ্রিক অক্সাইডের সংস্পর্শে এলে (এই উচ্চ তাপাংকে) জৈব যৌগে অবস্থিত কার্বন সম্পূর্ণরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং হাইড্রোজেন জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প অক্সিজেন কর্তৃক বাহিত হয়ে E ও F U-নলে আসলে জলীয় বাষ্প ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড কস্টিক পটাশ বাল্বে শোষিত হয় এবং অক্সিজেন বাব্‌লার দিয়ে বার হয়ে যায়। ফলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের U-নল ও কস্টিক পটাশ বাল্বের ওজন বৃদ্ধি পাবে। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের U-নলের বর্ধিত ওজন হবে উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের ওজন এবং কস্টিক পটাশ বাল্বের বর্ধিত ওজন হবে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন। সুতরাং পরীক্ষা আরম্ভ হবার আগে এবং পরীক্ষা শেষ হবার পর U-নল ও কস্টিক পটাশ বাল্বের ওজন নেওয়া হয়।

গণনা ঃ মনে করি, জৈব যৌগের ওজন = W gm

$CaCl_2$-এর U-নলের বর্ধিত ওজন = x gm

এবং কস্টিক পটাশে বাল্বের বর্ধিত ওজন = y gm

∴ জৈব যৌগে কার্বনের শতকরা মাত্রা হবে $= \frac{12}{44} \times \frac{y}{W} \times 100$

এবং „ „ হাইড্রোজেনের „ „ „ $= \frac{2}{18} \times \frac{x}{W} \times 100$

সতর্কতা ঃ AB নলের সঙ্গে প্রথমে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের U-নল এবং পরে কস্টিক পটাশ বাল্ব রাখতে হবে। সালফিউরিক অ্যাসিডের বাব্‌লারের পরিবর্তে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের নল ব্যবহার করা যায়। তবে বাব্‌লার ব্যবহার করলে অক্সিজেনের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করা সহজ। বাব্‌লারের প্রধান কাজ হল বাতাসের কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পকে যন্ত্রের মধ্যে প্রবেশ করতে না দেওয়া। নৌকোর পাশে

রাখা জারিত তামার কুণ্ডলীর (J) কাজ হল উত্তাপে বাষ্পীভূত জৈব যৌগ যদি ব্যাপিত হয়ে A-এর দিকে যায় তাকে জারিত করে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত করা। জৈব যৌগ সমেত পোর্সিলেন নৌকো AB নলের মধ্যে প্রবেশ করানর পূর্বে অক্সিজেন AB নলের মধ্যে আস্তে আস্তে প্রবাহিত করা হয় এবং তাপ-মাত্রাও আস্তে আস্তে বাড়ান হয়। এতে যন্ত্রে অবস্থিত বায়ু যাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প আছে তাকে সরিয়ে ফেলা হয়। তাছাড়া কিউপ্রিক অক্সাইডে যে জল থাকে এতে তাও অপসারিত হয়। তা না হলে কার্বন ও হাইড্রোজেনের শতকরা মাত্রা নির্ভুল হবে না।

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের পরিবর্তে অনার্দ্র ম্যাগনেশিয়াম পারক্লোরেট (অ্যানহাইড্রোন) এবং কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণের পরিবর্তে অ্যাসক্যারাইট ব্যবহার করা হয়।

(i) জৈব যৌগে নাইট্রোজেন থাকলে এই পদ্ধতিতে জৈব যৌগের কার্বন ও হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করলে ভুল হবে। কারণ জৈব যৌগে অবস্থিত নাইট্রোজেন এই পদ্ধতিতে জারিত হয়ে নাইট্রোজেন গ্যাস (মৌল) ও নাইট্রোজেনের অক্সাইডে পরিণত হয়। নাইট্রোজেন অক্সাইড কস্টিক পটাশ দ্বারা শোষিত হবে। ফলে কার্বনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয়ে ভুল হবে। এই অসুবিধে দূর করার জন্য AB নলের কিউপ্রিক অক্সাইডের পর একটি বিজারিত তামার কুণ্ডলী (K) রাখা হয় যা নাইট্রোজেনের অক্সাইডকে মৌল নাইট্রোজেনে বিজারিত করে এবং এই নাইট্রোজেন গ্যাস কস্টিক পটাশ দ্রবণের দ্বারা শোষিত হবে না, ফলে কার্বনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয়ে কোন ব্যাঘাত সৃষ্টি হবে না। অনেক সময় লেড ডাই-অক্সাইড রেখে নাইট্রোজেন অক্সাইড শোষণ করান হয়।

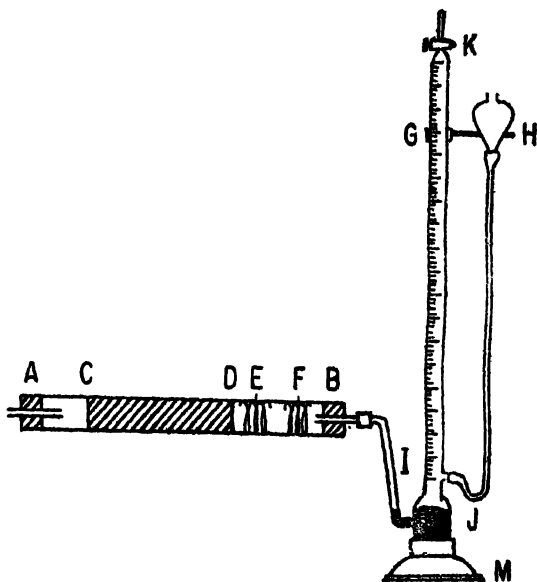
(ii) জৈব যৌগে হ্যালোজেন থাকলে এই পদ্ধতিতে দহনের পর মৌল হ্যালোজেন ও উদ্বায়ী কপার হ্যালাইড উৎপন্ন হবে, যা কস্টিক পটাশ বাল্বে শোষিত হবে, ফলে কার্বনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় ভুল হবে। এই অসুবিধে দূর করার জন্য AB নলের শেষ প্রান্তে কিউপ্রিক অক্সাইডের পর একটি সিলভার কুণ্ডলী রাখা হয়, যা মৌল হ্যালোজেন ও কপার হ্যালাইডকে আটকে দেবে।

(iii) জৈব যৌগে সালফার থাকলে এই পদ্ধতিতে দহনের পর সালফারের অক্সাইডে পরিণত হবে, যা কস্টিক পটাশ বাল্বে শোষিত হবে। ফলে কার্বনের শতকরা মাত্রা নির্ভুল হবে না। এই অসুবিধে দূর করার জন্য কিউপ্রিক অক্সাইডের একটি অংশ লেড ক্রোমেট দিয়ে পরিবর্তন করা হয়। এতে উৎপন্ন সালফারের

অক্সাইড লেড সালফেটে পরিণত হয়, যা অনুদ্বায়ী পদার্থ। সুতরাং কার্বনের পরিমাণ নির্ণয়ে কোন অসুবিধে হবে না।

নাইট্রোজেন ও হ্যালোজেন দুটি মৌলই জৈব যৌগে থাকলে প্রথমে বিজারিত তামার কুণ্ডলী এবং পরে সিলভার কুণ্ডলী AB নলের শেষ প্রান্তে রাখা হয়।

নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয়

ডুমাব পদ্ধতি (Dumas Method) ঃ নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগকে কিউপ্রিক অক্সাইডের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত (650°C) করলে জৈব যৌগে অবস্থিত কার্বন কার্বন ডাই-অক্সাইডে, হাইড্রোজেন জলীয় বাষ্পে এবং নাইট্রোজেন মৌল নাইট্রোজেন (গ্যাসে) এবং কিছুটা নাইট্রোজেনের অক্সাইডে পরিণত হয়। নাইট্রোজেন অক্সাইড বিজারিত তামার তার-জালি (E) দ্বারা বিজারিত হয়ে মৌল নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

চিত্র 16

AB শক্ত কাচনলের (দহন নলে) CD অংশে নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগ কিউপ্রিক অক্সাইডের সঙ্গে নেওয়া হয়। E হল বিজারিত তামার তারজালি। AB নলটির B মুখের সঙ্গে G নাইট্রোমিটার বা অ্যাজোমিটার রাবার নল দিয়ে

সংযুক্ত থাকে। নাইট্রোমিটারটি একটি অংশাঙ্কিত কাচনল যার নিচের দিকে I ও J দুটি নল আছে। J নলটি I নলের কিছু উপরে আছে। I নলের সঙ্গে AB দহন নলটি রাবার নল দিয়ে এবং J নলটি রাবার নল দিয়ে H বাল্বের সঙ্গে সংযুক্ত। নাইট্রো-মিটারের মাথায় একটা স্টপকক K আছে এবং নাইট্রোমিটারটি একটি কাষ্ঠ খণ্ডের M উপর থাকে। নাইট্রোমিটারের নিচের অংশে পারা (পারদ) থাকে এবং অবশিষ্ট অংশে 40% কস্টিক পটাশ দ্রবণ H বাল্ব দিয়ে প্রবেশ করিয়ে স্টপককটি বন্ধ করে দেওয়া হয়। পারদ এমনভাবে নেওয়া হয় যাতে KOH দ্রবণ দহণ নলে প্রবেশ করতে পারবে না কিন্তু জৈব যৌগ AB নলে দহনের পর উৎপন্ন গ্যাস মিশ্র নাইট্রো-মিটারে সহজে প্রবেশ করতে পারে। AB নলের A মুখটি একটি কাচনল সমেত কর্ক দিয়ে আটকান থাকে। এই কাচনলটি দিয়ে অক্সিজেনের পরিবর্তে বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস সিলিণ্ডার থেকে প্রবাহিত করান হয়।

দহন নলটিকে উত্তপ্ত করার আগে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করে যন্ত্রটির অভ্যন্তরে অবস্থিত বায়ুকে (যাতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন আছে) অপসারিত করা হয়। অপসারিত বায়ু নাইট্রোমিটারে সঞ্চিত হবে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হবে। স্টপকক খুলে এই বায়ুকে নাইট্রোমিটার থেকে বার করে দেওয়া হয়। এখন আস্তে আস্তে দহন নলটিকে উত্তপ্ত করা হয়। এতে মৌল নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হবে, যা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্বারা বাহিত হয়ে নাইট্রোমিটারে আসবে। নাইট্রোমিটারে কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হবে এবং জলীয় বাষ্প তরলে পরিণত হয়ে কস্টিক পটাশ দ্রবণে মিশে যাবে। উৎপন্ন নাইট্রোজেন গ্যাস নাইট্রোমিটারে কস্টিক পটাশ দ্রবণের নিম্ন অপসারণের দ্বারা সঞ্চিত হবে। নাইট্রোজেন গ্যাস যখন আর সঞ্চিত হবে না তখন নাইট্রোমিটারের কস্টিক পটাশের তল ও H বাল্বের কস্টিক পটাশের তল একই অনুভূমিক রেখায় এনে নাইট্রোজেনের আয়তন (অংশাঙ্কিত নাইট্রোমিটারের সাহায্যে) নির্ধারণ করা হয়।

গণনা ঃ মনে করি, জৈব যৌগের পরিমাণ W gm

বায়ুমণ্ডলের চাপ = P mm পারদ স্তম্ভের চাপ।

পরীক্ষাকালে ঘরের তাপমাত্রা = $t^{\circ}C$

$t^{\circ}C$-এ জলীয় বাষ্পের চাপ f mm পারদ স্তম্ভের চাপ।

নাইট্রোজেনের আয়তন = v cc

∴ নাইট্রোজেন গ্যাসের চাপ = $(P - f)$ mm Hg

v cc নাইট্রোজেনের প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় আয়তন (V cc) হবে।

$$V = \frac{(P - f) \times v \times 273}{(t + 273) \times 760} \text{ cc}$$

∴ V cc নাইট্রোজেন ওজন $= \frac{V \times 28}{22400}$ gm

∴ জৈব যৌগে নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ

$$= \frac{V \times 28 \times 100}{22400 \times W}$$

$$= \frac{(P - f) \times v \times 273}{(t + 273) \times 760} \times \frac{28}{22400} \times \frac{100}{W}$$ [V-এর মান বসিয়ে]

ডুমার পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ঘটিত যে কোন জৈব যৌগের নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। কিন্তু পদ্ধতিটি অত্যন্ত শ্রমসাধ্য ব্যাপার, কিন্তু এতে ফল অত্যন্ত ভাল হয়। জৈব যৌগের পরিমাণ এমনভাবে নেওয়া হয় যাতে উৎপন্ন নাইট্রোজেন গ্যাস নাইট্রোমিটারের আয়তনের বেশি না হয়।

জেলডাল পদ্ধতি (Kjeldahl Method)

নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে উত্তপ্ত করলে জৈব যৌগের কার্বন পুড়ে যাওয়ার পর সবটা নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিণত হয়। এখন উৎপন্ন বস্তুকে অধিক কস্টিক অ্যালকালী দিয়ে উত্তপ্ত করলে আমোনিয়া উৎপন্ন হবে। এখন এই উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে জ্ঞাত মাত্রার নির্দিষ্ট পরিমাণ অ্যাসিডের মধ্যে পরিচালিত করলে অ্যাসিডের একটি অংশ অ্যামোনিয়া দিয়ে প্রশমিত হয় এবং অতিরিক্ত অ্যাসিডের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। এতে কতটা অ্যাসিড অ্যামোনিয়া দ্বারা প্রশমিত হল তা নির্ণিত হবে। এখন যদি জৈব যৌগের পরিমাণ জানা থাকে তবে সহজে নাইট্রোজেনের শতকরা মাত্রা নির্ণয় করা যাবে।

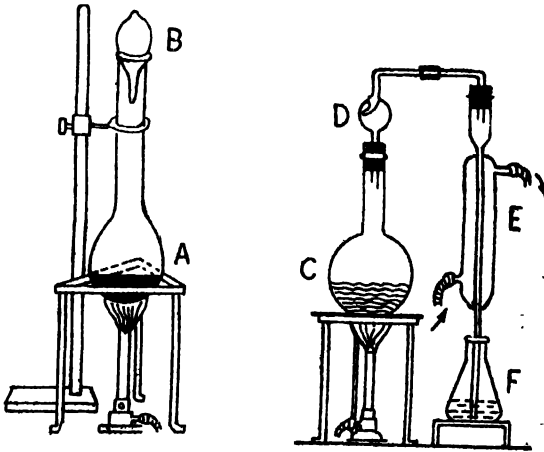
গণনা ঃ মনে করি, নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগের পরিমাণ = W gm

উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে প্রশমিত করতে V cc (N) অ্যাসিড প্রয়োজন।

V cc (N) অ্যাসিডে $\equiv \frac{17 \times V}{1000}$ গ্রাম অ্যামোনিয়া $\equiv \frac{14 \times V}{1000}$ গ্রাম নাইট্রোজেন

∴ নাইট্রোজেনে শতকরা পরিমাণ $= \frac{14 \times V \times 100}{1000 \times W} = \frac{1 \cdot 4 \text{ V}}{W}$

লম্বা গলার ফ্লাস্কে (জেলডাল ফ্লাস্ক) (A) (0.5 gm) নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগ ওজন করে নেওয়া হয় এবং এতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। অতঃপর

জেলডাল ফ্লাস্কটি একটু কাত করে আটকে মুখে একটা আলগা ছিপি (B) (কাচের তৈরী) লাগিয়ে ফোটান হয়, যতক্ষণ পর্যন্ত না দ্রবণটি বর্ণহীন হয়। এই অবস্থায় জৈব যৌগে অবস্থিত সমস্ত নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিণত হবে। এই বিক্রিয়াটি ভালভাবে করার জন্য মিশ্রণটির সঙ্গে পটাশিয়াম সালফেট, কপার সালফেট, সেলেনিয়াম ইত্যাদি যোগ করা হয়। বিক্রিয়া শেষে ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা করা হয় এবং মিশ্রণটিকে সম্পূর্ণভাবে অন্য একটি গোলতল ফ্লাস্কে (C) স্থানান্তরিত করার পর কস্টিক সোডা দ্রবণ অধিক পরিমাণে যোগ করে ক্ষারীয় করা হয়।

চিত্র 17

ফ্লাস্কের (C) মুখে একটি জেলডাল ট্র্যাপ (D) (Kjeldahl trap) লাগিয়ে ট্র্যাপটির সঙ্গে একটি লিবিগ শীতক এবং শীতকটির সঙ্গে রাবার নলের সাহায্যে একটি সরু নল লাগান থাকে। এই সরু নলটি জ্ঞাতমাত্রার নির্দিষ্ট আয়তনের অ্যাসিডের মধ্যে প্রবেশ করান থাকে। ফ্লাস্কটি আস্তে আস্তে উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয়ে জেলডাল ট্র্যাপ, শীতকের মধ্য দিয়ে এসে অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে এবং অ্যাসিডকে প্রশমিত করবে। আধ ঘণ্টা ধরে উত্তপ্ত করলে সমস্ত অ্যামোনিয়া চলে আসবে।

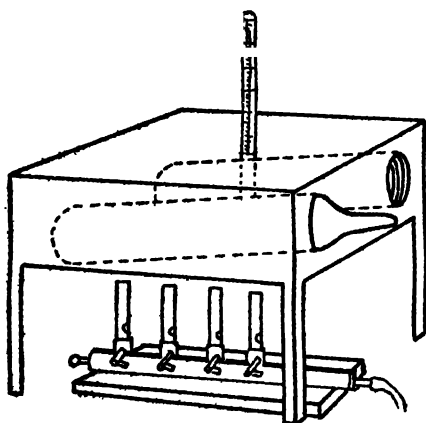
ফ্লাস্কটিকে নিরবচ্ছিন্নভাবে উত্তপ্ত করতে হবে, তা না হলে F পাত্রের অ্যাসিড ফ্লাস্ক C টেনে নেবে। ফলে পরীক্ষা বাতিল হয়ে যাবে। উত্তপ্ত করার সময় যাতে ফ্লাস্কের জিনিস ছিটকে F পাত্রে না আসতে পারে তার জন্য জেলডাল ট্র্যাপ লাগান হয়।

পরীক্ষাটি শেষ হয়ে গেলে F পাত্রের অবশিষ্ট অ্যাসিডকে টাইট্রেশান করে পরিমাণ নির্ধারণ করা হয়। ফলে অ্যামোনিয়ার জন্য কত অ্যাসিড প্রশমিত হয়েছে তা সহজেই নির্ধারণ করা যায়।

এই পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ঘটিত সকল জৈব যৌগের নাইট্রোজেনকে নির্ধারণ করা যায় না। এই পদ্ধতিতে মোটামুটি নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়, খুব নিভু'ল ফল পাওয়া যায় না, কিন্তু তাড়াতাড়ি পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। ফলে যে সকল কাজে খুব একটা নিভু'ল তথ্য প্রয়োজন হয় না সেক্ষেত্রে এটি বেশি কার্যকরী। যেমন মাটি এবং খাদ্যের নাইট্রোজেন পরিমাপ করতে এই পদ্ধতিকে কাজে লাগান হয়।

হ্যালোজেনের পরিমাণ নির্ণয়

কেরিয়াস পদ্ধতি : হ্যালোজেন ঘটিত জৈব যৌগের হ্যালোজেনের পরিমাণ নির্ণয় করতে হলে জৈব যৌগটিকে সিলভার নাইট্রেট কেলাসের উপস্থিতিতে ধূমায়মান নাইট্রিক দিয়ে জারিত করা হয়। এতে হ্যালোজেন অদ্রাব্য সিলভার হ্যালাইডে পরিণত হয়। যাকে পৃথক করে, ধুয়ে শুকিয়ে নিয়ে ওজন করা হয়।

নির্দিষ্ট পরিমাণ জৈব যৌগকে, ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড সিলভার নাইট্রেট কেলাস সমেত কেরিয়াস নলে (এক মুখ বন্ধ শক্ত কাচ নল) নিয়ে সাবধানে নলের খোলা মুখটি গলিয়ে বন্ধ করে দেওয়া হয়।

চিত্র 18

এখন এই নলটিকে বম চুল্লীতে লোহার নলের মধ্যে প্রবেশ করিয়ে 250°—300°C-এর মধ্যে উত্তপ্ত করা হয়। ফলে জৈব যৌগের কার্বন কার্বন ডাই-অক্সাইডে,

হাইড্রোজেন জলীয় বাষ্পে এবং হ্যালোজেন সিলভার হ্যালাইডে পরিণত হয়। এইভাবে প্রায় চার ঘণ্টা উত্তপ্ত করার পর নলটিকে ঠাণ্ডা করে চুল্লী থেকে বার করা হয়। নলটির সিল করা মুখটি বুনসেন শিখায় উত্তপ্ত করে নরম করলে নলের মধ্যে সৃষ্ট অধিক গ্যাসীয় চাপ বার করে দেওয়া হয় এবং নলের মুখটি সাবধানে কেটে ফেলা হয়। নলের মধ্যে অবস্থিত জিনিস বিকারে নিয়ে গুচ ক্রুসিবলে ঢেলে, ধুয়ে, শুকিয়ে ওজন করা হয়।

গণনা : মনে করি, জৈব যৌগের পরিমাণ = W gm

উৎপন্ন সিলভার হ্যালাইডের (AgX) ওজন = y gm

$$\therefore \text{ হ্যালোজেনের শতকরা পরিমাণ} = \frac{\text{হ্যালোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব} \times y \times 100}{\text{হ্যালাইডের আণবিক গুরুত্ব} \times W}$$

সালফারের পরিমাণ নির্ণয়

কেরিয়াস পদ্ধতিতে সালফারের পরিমাণও নির্ণয় করা হয়। এক্ষেত্রে নির্দিষ্ট পরিমাণ জৈব যৌগের সঙ্গে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড কেরিয়াস টিউবে নেওয়া হয়। সিলভার নাইট্রেট নেওয়ার প্রয়োজন হয় না। বম চুল্লীতে সীল করা কেরিয়াস নলটি প্রায় চার ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। এতে জৈব যৌগের কার্বন কার্বন ডাই-অক্সাইডে, হাইড্রোজেন জলীয় বাষ্পে, সালফার সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। পরে নলটিকে ঠাণ্ডা করে মুখটিকে খুলে নলের মধ্যের জিনিস বিকারে নেওয়া হয়, যাতে বেরিয়াম ক্লোরাইডের লঘু দ্রবণ যোগ করলে বেরিয়াম সালফেটের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে। এই অধঃক্ষেপটিকে গুচ ক্রুসিবলে নিয়ে ধুয়ে, শুকিয়ে ওজন করলে বেরিয়াম সালফেটের পরিমাণ পাওয়া যাবে।

মনে করি, জৈব যৌগের ওজন = W gm

বেরিয়াম সালফেটের ওজন = x gm

$$\therefore \text{ সালফারের শতকরা পরিমাণ} = \frac{32}{233{\cdot}36} \times \frac{x \times 100}{W}$$

$BaSO_4$-এর আণবিক গুরুত্ব = $(137{\cdot}36 + 32 + 64) = 233{\cdot}36$.

ফসফরাসের পরিমাণ নির্ণয়

ফসফরাসকে সালফারের মত নির্ণয় করা হয়। এক্ষেত্রে জৈব যৌগকে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ফসফরাস ফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। যাকে অ্যামোনিয়া যুক্ত অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ যোগ করলে অ্যামোনিয়াম

ফসফোমলিব্‌ডেটের $[(NH_4)_2PO_4, 12MoO_3]$ অধঃক্ষেপ পাওয়া যাবে। অধঃক্ষেপটিকে পৃথক করে, ধুয়ে, শুকিয়ে ওজন করা হয়।

মনে করি, জৈব যৌগের ওজন = W gm

অ্যামোনিয়াম ফসফোমলিব্‌ডেটের ওজন = x gm

$\therefore$ ফসফরাসের শতকরা পরিমাণ $= \frac{31}{1857 \cdot 45} \times \frac{x \times 100}{W}$.

(1) 0·204 gm জৈব যৌগের দহনের ফলে 0·2992 gm CO_2 এবং 0·1224 gm জল পাওয়া যায়। কার্বন, হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

কার্বনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{12}{44} \times \frac{0 \cdot 2992}{0 \cdot 204} \times 100 = 40\%$.

হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{2}{18} \times \frac{0 \cdot 1224}{0 \cdot 204} \times 100 = 6 \cdot 6\%$.

(2) নাইট্রোজেন ঘটিত 0·107 gm জৈব যৌগকে ডুমার পদ্ধতিতে মাত্রিক বিশ্লেষণে 27°C-এ এবং 750 mm Hg চাপে 12·7 ml নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। নাইট্রোজেনের শতকরা মাত্রা কত?

প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে নাইট্রোজেনের আয়তন $= \frac{12 \cdot 7 \times 750 \times 273}{300 \times 760}$ ml

$\therefore$ নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{28}{22400} \times \frac{12 \cdot 7 \times 750 \times 273}{300 \times 760} \times \frac{100}{0 \cdot 107} = 13 \cdot 32$.

(3) নাইট্রোজেন ঘটিত 0·0535 gm জৈব যৌগ থেকে জেলডাল পদ্ধতিতে যে পরিমাণ অ্যামোনিয়া পাওয়া যায় তাকে 40 ml 0·1 (N) সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে পরিচালিত করলে অবশিষ্ট অ্যাসিডকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করতে 35 ml 0·1 (N) অ্যালকালী প্রয়োজন হয়। যৌগে নাইট্রোজেনের পরিমাণ কত?

35 ml 0·1 (N) অ্যালকালী ≡ 35 ml 0·1 (N) যে কোন অ্যাসিড

$\therefore$ অ্যামোনিয়া (40 − 35) = 5 ml 0·1 (N) অ্যাসিডকে প্রশমিত করে

$\therefore$ নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{1 \cdot 4 \times 5 \times 0 \cdot 1}{0 \cdot 0535} = 13 \cdot 084$.

(4) ব্রোমিন ঘটিত 0·171 gm জৈব যৌগ থেকে কেরিয়াস পদ্ধতিতে 0·188 gm AgBr পাওয়া যায়। যৌগে ব্রোমিনের শতকরা পরিমাণ কত ?

$$\text{ব্রোমিনের শতকরা পরিমাণ} = \frac{80}{(108+80)} \times \frac{0{\cdot}188}{0{\cdot}171} \times 100 = 46{\cdot}78.$$

(5) সালফার ঘটিত 0·086 gm জৈব যৌগ থেকে কেরিয়াস পদ্ধতিতে 0·1165gm $BaSO_4$ পাওয়া যায়। সালফারের পরিমাণ নির্ণয় কর।

$$\text{সালফারের শতকরা পরিমাণ} = \frac{32}{233} \times \frac{0{\cdot}1165}{0{\cdot}086} \times 100 = 18{\cdot}6$$

$BaSO_4$-এর আণবিক গুরুত্ব $= (137 + 32 + 64) = 233.$

অক্সিজেনের পরিমাণ নির্ণয়

কোন পদ্ধতি দিয়ে সাধারণত অক্সিজেনের পরিমাণ নির্ণয় করা হয় না। জৈব যৌগে অবস্থিত অন্যান্য মৌলের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করে যোগ করে 100 থেকে বাদ দিলে যে সংখ্যা পাওয়া যাবে তা হল অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ। তবে যদি এই সংখ্যাটি খুব ছোট অর্থাৎ অন্যান্য মৌলের শতকরা পরিমাণের যোগফল 100-এর প্রায় কাছাকাছি হয় তবে ঐ জৈব যৌগে অক্সিজেন নেই ধরতে হবে।

স্থূল সংকেত (Empirical formula)

কোন যৌগে অবস্থিত মৌলের পরমাণুর সরলতম অনুপাতকে স্থূল সংকেত বলে। কোন যৌগের স্থূল সংকেত নির্ণয় করতে হলে প্রথমত যৌগে কি কি মৌল পদার্থ আছে তা নির্ণয় করতে হবে এবং দ্বিতীয়ত কোন্ কোন্ মৌল কি কি পরিমাণে আছে তা নির্ধারণ করতে হবে। এখন প্রত্যেক মৌলের শতকরা পরিমাণকে তাদের স্ব স্ব পারমাণবিক গুরুত্ব দিয়ে ভাগ করলে যৌগের অণুতে অবস্থিত বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর অনুপাত পাওয়া যাবে। এই অনুপাতকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা (অনুপাতের) দিয়ে ভাগ করতে হবে। অনুপাতটি যদি এখনও ভগ্নাংশে থাকে তবে এমন ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দিয়ে অনুপাতের প্রত্যেকটি সংখ্যাকে গুণ করতে হবে যাতে অনুপাতটি পূর্ণ সরল সংখ্যায় আসে অর্থাৎ যৌগে অবস্থিত যে কোন মৌলের পরমাণুর সংখ্যা পূর্ণমান হয়।

উদাহরণ 1. কোন জৈব যৌগের মাত্রিক বিশ্লেষণে 40% C, 6·66% H পাওয়া গেল। যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

C = 40%

H = 6·66%. ∴ অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ =

মোট 46·66 100 − 46·66 = 53·34.

∴ স্থূল সংকেত—

$$C : H : O = \frac{40}{12} : \frac{6·66}{1} : \frac{53·34}{16}$$

$$= 3·33 : 6·66 : 3·33$$

$$= \frac{3·33}{3·33} : \frac{6·66}{3·33} : \frac{3·33}{3·33} \quad (\text{3·33 ক্ষুদ্রতম সংখ্যা})$$

$$= 1 : 2 : 1$$

∴ স্থূল সংকেত—CH_2O.

2. কোন জৈব যৌগের মাত্রিক বিশ্লেষণে 42·88% C, 2·38% H, 16·66% N এবং অক্সিজেন অবশিষ্ট পরিমাণ পাওয়া গেল। যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

∴ অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ = 100 − (42·88 + 2·38 + 16·66)
= 38·08

$$C : H : N : O = \frac{42·88}{12} : \frac{2·38}{1} : \frac{16·66}{14} : \frac{38·08}{16}$$

$$= 3·57 : 2·38 : 1·19 : 2·39$$

ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 1·19 দিয়ে ভাগ করে পাই

$$= 3 : 2 : 1 : 2$$

∴ স্থূল সংকেত—$C_3H_2NO_2$.

3. 0·252 gm জৈব যৌগের দহনে (মাত্রিক বিশ্লেষণে) 0·3696 gm CO_2 এবং 0·1511 gm জল পাওয়া যায়। যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

কার্বনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{12}{44} \times \frac{0·3696}{0·252} \times 100 = 39·99$

হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{2}{18} \times \frac{0·1511}{0·252} \times 100 = 6·662$

∴ অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ = 100 − (39·99 + 6·662) = 53·348.

$$C : H : O = \frac{39·99}{12} : \frac{6·662}{1} : \frac{53·348}{16}$$

$$= 3·33 : 6·66 : 3·33$$

$$= 1 : 2 : 1$$

∴ স্থূল সংকেত—CH_2O.

আণবিক সংকেত (Molecular formula) : কোন যৌগের একটি অণুতে অবস্থিত মৌলের প্রত্যেকটির পরমাণুর সঠিক সংখ্যা দিয়ে প্রকাশিত সংকেতকে আণবিক সংকেত বলে। আণবিক সংকেত স্থূল সংকেতের সঠিক পূর্ণসংখ্যায় গুণিতক (multiple) হবে। অনেক যৌগের স্থূল সংকেত একই রকম হতে পারে—যেমন ফরম্যালডিহাইড (CH_2O), অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH), গ্লুকোজের ($C_6H_{12}O_6$) স্থূল সংকেত হবে CH_2O। কারণ যৌগগুলিতে মৌল উপাদানের শতকরা পরিমাণ সমান বলে স্থূল সংকেত একই হবে। স্থূল সংকেত আণবিক সংকেতের সঙ্গে সমান হতে পারে আবার নাও হতে পারে। যেমন ফরম্যালডিহাইডের স্থূল সংকেত আর আণবিক সংকেত অভিন্ন। কিন্তু অ্যাসিটিক অ্যাসিড বা গ্লুকোজের স্থূল সংকেত আর আণবিক সংকেত আলাদা। স্থূল সংকেতকে n দিয়ে গুণ করলে আণবিক সংকেত পাওয়া যায়। n-এর মান সব সময় পূর্ণ সংখ্যায় হবে। স্থূল সংকেত আর আণবিক গুরুত্ব জানা থাকলে n-এর মান নির্ণয় করা যায়, যার অর্থ আণবিক সংকেত নির্ণয় করা। যেমন ফরম্যালডিহাইডের স্থূল সংকেত CH_2O এবং আণবিক গুরুত্ব 30।

$\therefore$ $(CH_2O) \times n$ আণবিক সংকেত

$(12+2+16)n$ „ গুরুত্ব $= 30$

$\therefore$ $30n = 30$

$n = 1$ $\therefore$ আণবিক সংকেত CH_2O

[C, H, O-এর পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 12, 1 এবং 16]

আবার গ্লুকোজের স্থূল সংকেত CH_2O এবং আণবিক গুরুত্ব 180।

$(CH_2O) \times n$ আণবিক সংকেত

$(12+2+16)n$ „ গুরুত্ব $= 180$

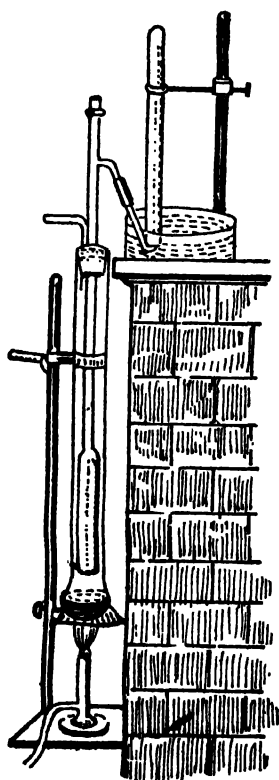
$30n = 180$

$n = 6$ $\therefore$ আণবিক সংকেত $(CH_2O)_6 = C_6H_{12}O_6$.

অতএব যৌগের স্থূল সংকেত নির্ণয়ের পর আণবিক সংকেত নির্ধারণ করতে হলে আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় অবশ্যই প্রয়োজন।

আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় পদ্ধতি : জৈব যৌগের আণবিক গুরুত্ব দুভাবে নির্ধারণ করা যায়। (1) ভৌত উপায়ে (2) রাসায়নিক উপায়ে। অবশ্য জৈব যৌগের প্রকৃতি জেনে পদ্ধতি নির্বাচন করতে হয়। (i) বাষ্পীয় ঘনত্ব (Vapour density),

(ii) হিমাঙ্কের অবনমন (Depression of freezing point), (iii) স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন (Elevation of boiling point) ইত্যাদি ভৌত উপায়ে নির্ণয় করা হয়। উদ্বায়ী (Volatile) জৈব যৌগের আণবিক গুরুত্ব বাষ্পীয় ঘনত্ব পদ্ধতি দিয়ে এবং অনুদ্বায়ী জৈব যৌগের আণবিক গুরুত্ব হিমাঙ্কের অবনমন এবং স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন পদ্ধতি দিয়ে নির্ণয় করা হয়। জৈব অ্যাসিড এবং ক্ষারের আণবিক গুরুত্ব রাসায়নিক পদ্ধতিতে নির্ণয় করা হয়।

ভিক্টর মেয়ারের পদ্ধতি (Victor Meyer Method) ঃ এই পদ্ধতিতে উদ্বায়ী কঠিন বা তরল জৈব যৌগ থেকে উদ্ভূত বাষ্পের দ্বারা অপসারিত বাতাসকে সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে সংগ্রহ করে আয়তন মাপা হয়।

চিত্র 19

একটি এক মুখ খোলা লম্ব কাচনলের একটি প্রান্ত বালবের আকৃতি হয়। এই নলের অপর প্রান্তের দিকে একটা পার্শ্বনল থাকে। একেই 'ভিক্টর মেয়ার নল' বলে। এই পার্শ্ব নলটি একটি জলগাহের মধ্যে ডোবানো থাকে। এই ভিক্টর মেয়ার নলটির মধ্যে কিছু অ্যাসবেস্টস নেওয়া হয় এবং খোলা মুখটি ছিপি দিয়ে বন্ধ করে একটা তামার বা কাচের তৈরী বহিঃনলের মধ্যে প্রবেশ করানো থাকে। এই বহিঃনলের মধ্যে কিছু পরিমাণ তরল (তরলটির স্ফুটনাঙ্ক জৈব যৌগের স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা অন্তত 20°C বেশি হতে হবে) নিয়ে ফোটান হয়। এতে ভিক্টর মেয়ার নলটি উত্তপ্ত হবে। ফলে এই নলের অভ্যন্তরের বাতাসও উত্তপ্ত হয়ে আয়তনে বৃদ্ধি পাবে এবং পার্শ্বনল দিয়ে বাতাস বুদবুদাকারে বেরিয়ে যাবে। যখন ফুটন্ত

তরলের তাপমাত্রা আর ভিক্টর মেয়ারের নলের অভ্যন্তরের তাপমাত্রা সমান হবে, তখন আর বুদবুদ বার হবে না অর্থাৎ স্থায়ী অবস্থায় (Steady Condition) উপনীত হবে। এখন পার্শ্বনলের উপর জলপূর্ণ অংশাঙ্কিত নল উপুড় করে বসাতে হবে। যে তরলের ঘনত্ব মাপা হবে তাকে হফম্যান বোতলের ছিপি (C) খুলে ওজন (0·1 থেকে 0·2 gm) করে নিয়ে ভিক্টর মেয়ার নলে ফেলার আগে ছিপি আটকে দেওয়া হয়। নলের ভিতরের তাপমাত্রায় হফম্যান বোতলের ছিপি আপনা আপনি খুলে যাবে এবং তরলটি বাষ্পীভূত হয়ে সমায়তন বাতাসকে অপসারিত করবে। এই অপসারিত বাতাস অংশাঙ্কিত নলে জলের নিম্ন অপসারণের দ্বারা সঞ্চিত হবে। যখন আর বাতাস সঞ্চিত হবে না, তখন অংশাঙ্কিত নলটির মুখটি আঙ্গুল দিয়ে বন্ধ করে জলপূর্ণ একটা সিলিণ্ডারে ডুবিয়ে অংশাঙ্কিত নলের মধ্যে এবং বাইরের জলের তল একই অনুভূমিক তলে এনে বাতাসের আয়তন মাপা হয়। পরীক্ষাকালে ঘরের তাপমাত্রা এবং বায়ুচাপ মাপা হয়।

গণনা ঃ তরল পদার্থের ওজন = W gm

অপসারিত বাতাসের আয়তন = v cc

ঘরের তাপমাত্রা = $t^\circ C$

বায়ুর চাপ = P mm

$t^\circ C$-এ জলীয় বাষ্পের চাপ = f mm

$$\therefore \quad V = \frac{v(P-f)\times 273}{(t+273)\times 760}$$

V = প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় v cc বাতাসের আয়তন।

অতএব, এই V cc গ্যাসের ওজন ≡ W gm

$$\therefore \quad 22400 \text{ cc} \quad " \quad " = \frac{W}{V}\times 22400$$

$$= \frac{W}{V}\times 22400 = \text{আণবিক গুরুত্ব } (M)$$

অথবা

আমরা জানি $pV = nRT = \frac{W}{M}RT.$

$$\therefore \quad M = \frac{WRT}{pV}$$

$$M = \frac{W \times 0.082 \times (t+273) \times 760 \times 1000}{(P-f) \times V}$$

[আয়তনকে লিটারে এবং চাপকে বায়ুমণ্ডলীয় চাপে প্রকাশ করতে হবে কারণ R-এর মান লিটার অ্যাটমসফিয়ারে প্রকাশ করা হয়েছে]

0·1195 gm উদ্বায়ী জৈব যৌগ বাষ্পীভূত করলে 15°C-এ এবং 750 mm Hg-র চাপে 24·3 cc বাতাস জলের উপর সঞ্চিত হয় (ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতিতে)। জৈব যৌগটির আণবিক গুরুত্ব কত ? (15°C-এ জলীয় বাষ্পের চাপ = 12·9 mm)

$$V = \frac{24.3\,(750-12.9) \times 273}{(15+273) \times 760}$$ V = প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে বাতাসের আয়তন

$$\therefore \quad M = \frac{W}{V} \times 22400 = \frac{0.1195 \times 22400 \times 760 \times 288}{24.3 \times 737.1 \times 273} = 119.81.$$

হিমাঙ্কের অবনমন পদ্ধতি (Depression of Freezing Point or Cryoscopic Method) : হিমাঙ্কের অবনমন পদ্ধতি দিয়ে অনুদ্বায়ী অতড়িৎযোজী (Non-electrolyte) যৌগের আণবিক গুরুত্ব নিচের সমীকরণ দ্বারা সহজে নির্ধারণ করা যায়।

$$M = \frac{1000 \times K_f \times w}{\Delta T \times W}$$

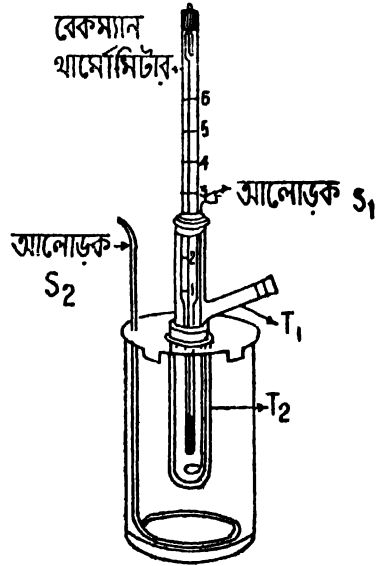
M = আণবিক গুরুত্ব
K_f = আণব অবনমন ধ্রুবতা
w = দ্রাবের ওজন
ΔT = হিমাঙ্কের অবনমন
W = দ্রাবকের ওজন

এক গ্রাম মোল কোন (অতড়িৎযোজী যৌগ) দ্রাব 1000 গ্রাম দ্রাবকে দ্রবীভূত করলে হিমাঙ্কের যে অবনমন ঘটে তাকে আণব অবনমন ধ্রুবতা (K_f) বলে।

(i) সমপরিমাণ দ্রাবকে হিমাঙ্কের অবনমন দ্রবীভূত বস্তুর (দ্রাবের) পরিমাণের সহিত সমানুপাতিক।

আবার (ii) সমাণবিক পরিমাণ বিভিন্ন দ্রাব যখন একই পরিমাণ দ্রাবকে দ্রবীভূত থাকে তখন সেই দ্রবণগুলি প্রত্যেকে একই পরিমাণে হিমাঙ্কের অবনমন ঘটায়। এই দুই নিয়মের সাহায্যে কোন অতড়িৎযোজী যৌগের হিমাঙ্কের অবনমন পদ্ধতিতে আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়।

দ্রবণের হিমাঙ্কের অবনমন নির্ণয় : একটি পার্শ্বনলযুক্ত (T_1) সরু কাচ-নলে বেকম্যান থার্মোমিটার কর্কের সাহায্যে আটকান থাকে। এই নলের মধ্যে একটি আলোড়ক (S_1) থাকে। এই নলটির সঙ্গে কর্কের সাহায্যে আর একটি মোটা নলের (T_2) সঙ্গে যুক্ত থাকে। এটিকে একটি বড় জারের মধ্যে বসান থাকে। ঐ জারেও একটি আলোড়ক থাকে। সরু নলটির মধ্যে দ্রাবক ওজন করে নেওয়া হয়। সরু ও মোটা নলের মধ্যবর্তী অংশে বাতাস থাকে। আর জারে হিমমিশ্র থাকে। ফলে এটি শীতলগাহ (Cold bath) হিসেবে কাজ করে।

চিত্র 20

বেকম্যান থার্মোমিটারটি বিশেষ-ভাবে প্রস্তুত থার্মোমিটার। এটির সাহায্যে স্ফুটনাঙ্ক বা গলনাঙ্ক নির্ণয় করা যায় না, কিন্তু তাপমাত্রার পার্থক্য এটির সাহায্যে নিখুঁতভাবে মাপা যায়। এটির সাহায্যে এক ডিগ্রির $\frac{1}{100}$ ভাগ পর্যন্ত মাপা যায়। এই থার্মোমিটারের স্কেলে 5° বা 6° পর্যন্ত থাকে এবং প্রত্যেক ডিগ্রিকে 100 ভাগ করা থাকে। এই থার্মোমিটারে একটি বড় বালবের সঙ্গে সূক্ষ্ম কৈশিক নল (Capillary tube) লাগান থাকে। কৈশিক নলের মাথা সংকুচিত হয়ে উপরের পারদাধারের সঙ্গে লাগান থাকে। কৈশিক নলের পেছনে একটি স্কেল থাকে। যার থেকে তাপমাত্রার পার্থক্য নির্ণয় করা যায়।

এখন হিমাঙ্কের অবনমন মাপতে হলে, প্রথমে বালবটিকে দ্রাবকের হিমাঙ্কের থেকে 5° / 6° বেশি উত্তপ্ত করা হয়, যাতে পারদ প্রসারিত হয়ে খানিকটা পরের পারদাধারে চলে আসে। ফলে এখন কৈশিক নলটি পারদ দিয়ে পূর্ণ থাকে। এখন উপরের পারদাধারে সামান্য আঘাত করলে পারদ স্তম্ভটি সংকুচিত নলের কাছে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়বে। এই কাজটি সাবধানে করতে হয়। সরু নলে নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবক নিয়ে মোটা নলের সঙ্গে যুক্ত করে জারের হিমমিশ্রে বসান হয়। S_1 ও

S_2 আলোড়ক নাড়ান হয়। সরু নল ও মোটা নলের মাঝে বাতাস থাকে বলে দ্রাবকটি ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা হয় এবং এক সময় দ্রাবকটি জমে কঠিনে পরিণত হয়। এখন দ্রাবকে হিমাঙ্ক নির্দিষ্ট হয়ে গেল।

পরে T_1 ও T_2 নল সমেত বেকম্যান থার্মোমিটারটি বাইরে আনলে তাপমাত্রার বৃদ্ধিতে দ্রাবকটি পুনরায় গলে যাবে। এখন T_1-এর পার্শ্বনল দিয়ে কিছু পরিমাণ দ্রাব ওজন করে দ্রাবকে যোগ করে দ্রবণে পরিণত করা হয় এবং পুনরায় হিমমিশ্রের মধ্যে রেখে ঠাণ্ডা করা হয়। S_1 ও S_2 আলোড়ক নেড়ে তাপমাত্রা সর্বত্র সমান করা হয়। দ্রবণের হিমাঙ্ক নির্ণয় আগের মত করা হয়। এতে দ্রাবক ও দ্রবণের মধ্যে হিমাঙ্কের অবনমনের পার্থক্য ($\triangle T$) নির্ণীত হয়ে গেল।

ঐ সমীকরণের সাহায্যে যৌগটির আণবিক গুরুত্ব সহজে বার করা যায়।

77 গ্রাম জলে 9 গ্রাম কোন পদার্থ দ্রবীভূত থাকলে হিমাঙ্কের অবনমন 1·2° হয়। পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব কত? $K_f = 18{\cdot}5$ (প্রতি 100 গ্রাম জলের জন্য)।

$$M = \frac{K_f \times w \times 1000}{\triangle T \times W} = \frac{18{\cdot}5 \times 9 \times 1000}{10 \times 77 \times 1{\cdot}2} = 180{\cdot}19.$$

স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন পদ্ধতি (Elevation of Boiling Points): স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন পদ্ধতিতে দেখা যায় যে, কোন দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক বিশুদ্ধ দ্রাবকের থেকে বেশি হয়। হিমাঙ্কের অবনমনের মত স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন সাহায্যে একই-ভাবে কোন অতড়িৎযোজী যৌগের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

$$M = \frac{K_b \times w \times 1000}{W \times \triangle T}$$

M = আণবিক গুরুত্ব

w = দ্রাবের ওজন

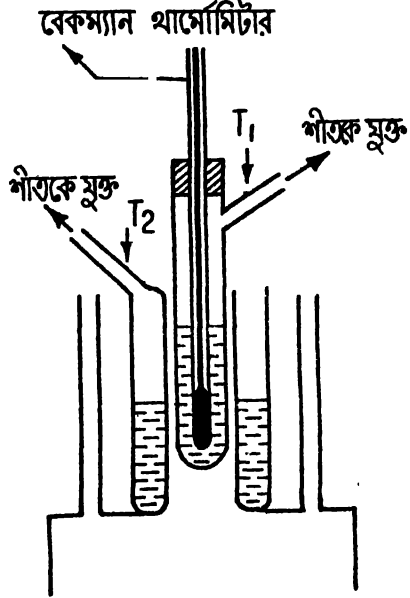
W = দ্রাবকের ওজন

K_b = আণব উন্নয়ন ধ্রুবতা

$\triangle T$ = স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন।

এক গ্রাম মোল দ্রাব 1000 গ্রাম দ্রাবকে দ্রবীভূত করলে স্ফুটনাঙ্কে যে উন্নয়ন ঘটে তাকে আণব উন্নয়ন ধ্রুবতা বা K_b বলে। K_b ধ্রুবককে স্ফুটনাঙ্কের ধ্রুবক বা আণব উন্নয়ন ধ্রুবতা (Ebulloscopic constant) বলে।

পার্শ্বনল যুক্ত একটি নলে (T_1) বেকম্যান থার্মোমিটার যুক্ত থাকে এবং পার্শ্বনলটির সঙ্গে একটি শীতক লাগান থাকে। T_1 নলটি আবার একটি দ্বিপ্রাচীর (Double

walled) পাত্রের (T_2) দিয়ে বেষ্টিত থাকে। T_1 এবং T_2-র মধ্যে বিশুদ্ধ দ্রাবক নেওয়া হয় এবং T_1-এর মধ্যে কিছু সচ্ছিদ্রক (Porous) পদার্থ যোগ করা হয়। এতে দ্রবণটি স্বাভাবিকভাবে ফুটবে। ফলে অতিতাপন (Super heating) রোধ করা যাবে। T_2-র সঙ্গেও একটি শীতক যুক্ত থাকে। শীতকগুলি বাষ্পীভবন দ্বারা তরলকে (দ্রাবক) নষ্ট হতে দেয় না। T_2 নলটিতে ফুটন্ত দ্রাবক T_1 থেকে তাপ বিকিরণ করতে দেয় না। সমস্ত ব্যবস্থাটিতে একটি অ্যাসবেস্টস বাক্সের মধ্যে রেখে উত্তপ্ত করা হয়।

চিত্র 21

স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন মাপতে হলে প্রথমে বালবটিকে দ্রাবকের স্ফুটনাঙ্কের থেকে 5°/6° বেশি তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় এবং এতে কৈশিক নলের মধ্য দিয়ে পারদ স্তম্ভ প্রসারিত হয়ে উপরের পারদাধারে চলে আসে। এখন সংকুচিত কৈশিক নলের কাছে আঘাত করে পারদ স্তম্ভকে বিচ্ছিন্ন করা হয়। এখন T_1 নলের নির্দিষ্ট পরিমাণ বিশুদ্ধ দ্রাবক (W) নিয়ে উত্তপ্ত করা হয় এবং স্ফুটনাঙ্কের বেকম্যান থার্মোমিটারের পাঠ নেওয়া হয়। পরে T_1 নলে নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাব (w) যোগ করে পুনরায় দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক পাঠ বেকম্যান থার্মোমিটারের সাহায্যে নেওয়া হয়। ফলে দ্রবণ ও দ্রাবকের স্ফুটনাঙ্কের পার্থক্য জানা যায়। এখন w, W মান জানা আছে। ΔT-এর মান বার করা হল, ফলে K_b-র মান জানা থাকলে বস্তুটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাবে।

কিছু দ্রাবকের K_b (আণব উন্নয়নের ধ্রুবতা) °C

	K_b		K_b
জল	5·2	অ্যাসিটোন	17
বেনজিন	27	ইথার	21

14 গ্রাম দ্রাব 100 গ্রাম দ্রাবকে দ্রবীভূত থাকলে স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়নের পরিমাণ হয় 1·2°C। দ্রাবকের আনব উন্নয়নের ধ্রুবতা 5·2 (প্রতি 100 গ্রাম দ্রাবকের)। দ্রাবের আণবিক গুরুত্ব কত ?

$$M = K_b \times \frac{w \times 1000}{W \times \Delta T} = \frac{5 \cdot 2}{10} \times \frac{14}{100} \times \frac{1000}{1 \cdot 2} = 60 \cdot 6$$

রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical Methods) **ঃ** রাসায়নিক পদ্ধতিতে জৈব অ্যাসিড ও ক্ষারকের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

জৈব অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় ঃ কোন অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক ভার (E) (Equivalent weight) এবং ক্ষারগ্রাহীতা (b) (Basicity) জানা থাকলে জৈব অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব (M) অতি সহজে নির্ণয় করা যায়।

$$M = E \times b$$

টাইট্রেশান পদ্ধতিতে তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয় এবং কোন অ্যাসিড কত প্রকার লবণ দেয় সেই সংখ্যাটি হবে ঐ অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহীতা।

এছাড়া জৈব অ্যাসিডের সিলভার লবণ প্রস্তুত করেও অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়। যদি ঐ অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহীতা জানা থাকে।

কোন জৈব অ্যাসিডকে সিলভার লবণে পরিণত করে তাকে উত্তাপে দহনের ফলে ধাতব রূপো পাওয়া যায়। এখন নির্দিষ্ট পরিমাণ (W) সিলভার লবণকে উত্তাপে যে ধাতব রূপো (w) পাওয়া যায় তার থেকে সহজেই অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়, যদি অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহীতা (n) জানা থাকে,

n ক্ষারগ্রাহীতা সম্পন্ন কোন জৈব অ্যাসিডের এক গ্রাম মোল সিলভার লবণ থেকে সম্পূর্ণ দহনে n গ্রাম পরমাণু সিলভার বা n × 108 গ্রাম সিলভার পাওয়া যাবে।

অতএব n ক্ষারগ্রাহীতা সম্পন্ন অ্যাসিডের W গ্রাম সিলভার লবণ থেকে যদি w গ্রাম ধাতব সিলভার পাওয়া যায়, তবে ঐ অ্যাসিডের সিলভার লবণের আণবিক গুরুত্ব হবে,

$$\frac{w}{W} \times n \times 108$$ (সিলভার লবণের আণবিক গুরুত্ব)

সিলভার লবণের n-টি সিলভার পরমাণুকে n-টি হাইড্রোজেন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে জৈব অ্যাসিডটি পাওয়া যাবে। অতএব জৈব অ্যাসিডটির আণবিক গুরুত্ব হবে,

$$\frac{w}{W} \times n \times 108 - n \times 108 + n.$$

জৈব অ্যাসিডকে বিকারে নিয়ে অ্যামোনিয়া দ্রবণ সহযোগে সম্পূর্ণ প্রশমিত করা হয় এবং উত্তপ্ত করে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াকে বাষ্পীভূত করে দূর করা হয়। অ্যাসিডের এই অ্যামোনিয়াম লবণের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে অ্যাসিডের সিলভার লবণ পাওয়া যায়। এই সিলভার লবণটি জলে অদ্রাব্য হয়। লবণটিকে গুচ ক্রুসিব্‌লে পরিস্রাবণ করে জল দিয়ে ধুয়ে পরে শুকিয়ে নিয়ে বিশুদ্ধ করা হয়। সিলভার লবণকে আলোর হাত থেকে যথাসম্ভব বাঁচান হয়।

এই বিশুদ্ধ ও শুষ্ক সিলভার লবণকে পোর্সিলেন ক্রুসিব্‌লে ওজন করে নিয়ে উত্তপ্ত করলে সিলভার লবণ ভেঙ্গে গিয়ে ধাতব সিলভার পাওয়া যাবে এবং লবণের অন্যান্য পদার্থগুলি জলে পুড়ে বাষ্পীভূত হয়ে যাবে। ক্রুসিব্‌লটিকে ঠাণ্ডা করে ধাতব সিলভারের ওজন নির্ণয় করা হয়। সিলভার ও সিলভার লবণের ওজন জানা থাকলে জৈব অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাবে, যদি ঐ অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহীতা জানা থাকে।

জৈব অ্যাসিডকে সিলভার লবণে পরিবর্তন করার কতকগুলি সুবিধে আছে। যেমন (i) জৈব অ্যাসিডের সিলভার লবণগুলি প্রশম লবণ উৎপন্ন করে, (ii) সিলভার লবণগুলি জলে অদ্রাব্য হয় এবং বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়, (iii) এই লবণে কেলাসজল থাকে না এবং (iv) সিলভার লবণকে দহনে ধাতব সিলভার পাওয়া যায়।

দ্বিক্ষারীয় কোন জৈব অ্যাসিডের 0·38 গ্রাম সিলভার লবণকে সম্পূর্ণ দহনে 0·27 গ্রাম ধাতব সিলভার পাওয়া যায়। অ্যাসিডটির আণবিক গুরুত্ব কত?

জৈব অ্যাসিডের সিলভার লবণের আণবিক গুরুত্ব $= \frac{\cdot 38}{\cdot 27} \times 2 \times 108 = 304$

জৈব অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব $= 304 - 2 \times 108 + 2 = 90.$

জৈব ক্ষারকের (Base) আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ঃ জৈব ক্ষারকগুলি প্লাটিনিক ক্লোরাইডের সঙ্গে ক্লোরোপ্লাটিনেট লবণ উৎপন্ন করে। এই ক্লোরোপ্লাটিনেটের সাধারণ সংকেত হবে $B_2(H_2PtCl_6)n$। যেমন B = ক্ষারক এবং n = ক্ষারকের অম্লগ্রাহীতা। সাধারণত ক্ষারক (B)-কে 1 : 1 হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে (জলীয়) দ্রবীভূত করা হয় এবং পরে ঐ উত্তপ্ত দ্রবণকে প্লাটিনিক ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করা হয়। এতে হলুদ বর্ণের ক্লোরোপ্লাটিনেট লবণটি অধঃক্ষিপ্ত। এই অধঃক্ষেপটিকে গুচ ক্রুসিব্‌লে পরিস্রাবণ করে, ধুয়ে এবং পরে শুকিয়ে নিলে বিশুদ্ধ ক্লোরোপ্লাটিনেট পাওয়া যায়। ঐ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ক্লোরোপ্লাটিনেট লবণকে (0·5 গ্রাম) ওজন করে পোর্সিলেন ক্রুসিব্‌লে নিয়ে দহন করলে ক্লোরোপ্লাটিনেট যৌগের অন্যান্য পদার্থগুলি

জলে পুড়ে নিঃশেষিত হয়ে গেলে অবশেষ হিসেবে ধাতব প্লাটিনাম ক্রুসিব্‌লে পড়ে থাকবে। এখন ঐ ধাতব প্লাটিনামের ওজন নির্ণয় করলে আমরা ক্লোরোপ্লাটিনেট লবণের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করতে পারবো, যদি ঐ ক্ষারকের অম্লগ্রাহীতা জানি। ক্লোরোপ্লাটিনেটের আণবিক গুরুত্ব থেকে প্লাটিনিক অ্যাসিড অংশের ওজন বাদ দিয়ে দুই দিয়ে ভাগ করলে ক্ষারকের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাবে।

মনে করি, ক্ষারকের অম্লগ্রাহীতা n

ক্রুসিব্‌লে গৃহীত ক্লোরোপ্লাটিনেটের ওজন = W গ্রাম

দহনের পর ক্রুসিব্‌লে প্লাটিনামের ওজন = w গ্রাম

∴ ক্লোরোপ্লাটিনেটের আণবিক গুরুত্ব $= \frac{W}{w} \times n \times 195$

(Pt-এর পারমাণবিক গুরুত্ব = 195)

কারণ ক্লোরোপ্লাটিনেট অণুতে n-টি Pt পরমাণু থাকে।

∴ ক্ষারকের আণবিক গুরুত্ব $= \frac{\frac{W}{w} \times n \times 195 - n \times 410}{2}$

H_2PtCl_6-এর আণবিক গুরুত্ব $= 2 + 195 + 6 \times 35{\cdot}5 = 410$।

এক অম্লগ্রাহীতা সম্পন্ন ক্ষারকের 0·298 গ্রাম ক্লোরোপ্লাটিনেট লবণকে দহনে 0·0975 গ্রাম প্লাটিনাম পাওয়া যায়। ক্ষারকের আণবিক গুরুত্ব কত ?

ক্লোরোপ্লাটিনেটের আণবিক গুরুত্ব $= \frac{0{\cdot}298}{0{\cdot}0975} \times 1 \times 195 = 596$

ক্ষারকের আণবিক গুরুত্ব $= \frac{596 - 410}{2} = \frac{186}{2} = 93.$

প্রশ্নাবলী

1. জৈব যৌগের হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, সালফার, ফসফরাসকে কিভাবে সনাক্ত করা হয় ? রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর ?
2. জৈব যৌগের নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা হয় কিভাবে ?
3. জেলডাল পদ্ধতিতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয়ের নীতি কি ? জেলডাল পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা কি কি ?
4. জৈব যৌগের হ্যালোজেন পরিমাপ কিভাবে করা হয় ?

5. স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত কাকে বলে ? কিভাবে স্থূল সংকেত নির্ণয় করা হয়।
6. কি প্রকার জৈব যৌগের আণবিক গুরুত্ব ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতিতে নির্ণয় করা হয় ? পদ্ধতি বর্ণনা কর।
7. হিমাঙ্কের অবনমন পদ্ধতির সাহায্যে কি প্রকার জৈব যৌগের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয় ? পদ্ধতি বর্ণনা কর।
8. স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন পদ্ধতিতে কোন্ প্রকার জৈব যৌগের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয় ? পদ্ধতিটি বর্ণনা কর।
9. জৈব অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব রাসায়নিক পদ্ধতিতে কিভাবে নির্ণয় করা হয় ?
10. জৈব ক্ষারকের আণবিক গুরুত্ব রাসায়নিক পদ্ধতিতে কিভাবে নির্ণয় করা হয় ?
11. নিম্নলিখিত শতকরা পরিমাণ থেকে যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।
    (i) C = 92·3, H = 7·69 ; (ii) C = 40, H = 6·66, O = অবশিষ্ট
    (iii) C = 41·79, H = 2·48, Br = 39·8.
12. 0·252 গ্রাম কোন জৈব যৌগের সম্পূর্ণ দহনে (মাত্রিক বিশ্লেষণ) 0·3696 গ্রাম CO_2 এবং 0·1511 গ্রাম H_2O উৎপন্ন হয়। স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। যৌগটির আণবিক গুরুত্ব 180 হলে আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।
13. এক ক্ষারীয় কোন জৈব অ্যাসিডকে সম্পূর্ণ দহনে 0·462 গ্রাম CO_2 এবং 0·081 গ্রাম H_2O উৎপন্ন হয়। ঐ অ্যাসিডের সিলভার লবণের 0·1145 গ্রাম পদার্থকে দহনে 0·054 গ্রাম সিলভার পাওয়া যায়। জৈব অ্যাসিডের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।
14. এক অম্লগ্রাহীতা সম্পন্ন জৈব ক্ষারকের সম্পূর্ণ দহনে 0·462 গ্রাম CO_2 এবং 0·1215 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। ডুমার পদ্ধতি ঐ ক্ষারকের 0·2247 গ্রাম থেকে 25·9 ml নাইট্রোজেন পাওয়া যায় 20°C-এ ও 757 mm পারদ চাপে। 20°C-এ জলীয় বাষ্পের চাপ 17 mm। ঐ ক্ষারকের ক্লোরোপ্লাটিনেট লবণের 0·1248 গ্রাম পদার্থকে দহনে 0·039 গ্রাম প্লাটিনাম পাওয়া যায়। ক্ষারকের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

৪

জৈব যৌগের আণবিক গঠন
Structures of Organic Compounds

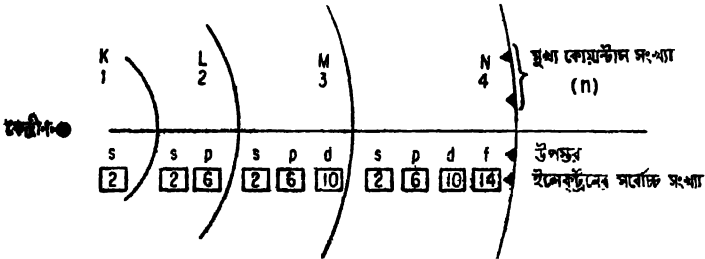
পরমাণুর গঠন (Structure of Atom) : যে কোন পরমাণু ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন দিয়ে গঠিত এবং যে কোন পরমাণুর দুটি অংশ আছে—একটি কেন্দ্রীণ বা পরমাণু কেন্দ্র (Nucleus) এবং অপরটি কেন্দ্র বহির্ভূত অংশ (Extra nuclear part)। এক পারমাণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট হাইড্রোজেন ব্যতীত যে কোন পরমাণুর কেন্দ্রীণে প্রোটন ও নিউট্রন একসঙ্গে থাকে এবং এক পারমাণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট হাইড্রোজেন পরমাণুর কেন্দ্রীণে নিউট্রন নেই। যে কোন পরমাণুর কেন্দ্রবহির্ভূত অংশে ইলেকট্রন থাকে। প্রোটন ও নিউট্রনের ভর প্রায় অভিন্ন এবং প্রোটনে এক একক ধনাত্মক আধান আছে। কিন্তু নিউট্রনে কোন আধান নেই। ইলেকট্রনের ভর প্রোটনের ভরের $\frac{1}{1836}$ অংশ মাত্র, কিন্তু এক একক ঋণাত্মক আধান থাকে।

ইলেকট্রনগুলি কেন্দ্রবহির্ভূত অংশে বা ইলেকট্রন মহলে কতকগুলি সুনির্দিষ্ট কক্ষপথে (Shell) কেন্দ্রীণের চারপাশে প্রচণ্ডভাবে আবর্তিত হয়। প্রত্যেকটি কক্ষপথে অবস্থিত ইলেকট্রনে শক্তির মাত্রা সমান নয় এবং প্রত্যেকটি কক্ষপথে ইলেকট্রন রাখার সর্বোচ্চ সংখ্যাটি নির্দিষ্ট এবং এটি কক্ষের সংখ্যার (n) উপর নির্ভরশীল। এই (n) সংখ্যাটিকে মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা (Principal quantum number) বলে। n-এর মান পূর্ণ সংখ্যা হয় এবং $n = 1, 2, 3, 4, \cdots$ ইত্যাদি। এই মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যাকে অনেক সময় K, L, M, N ··· ইত্যাদি দিয়েও সনাক্ত করা হয়। K কক্ষপথটি কেন্দ্রীণের সবচেয়ে কাছে এবং তারপর ক্রমান্বয়ে L, M, N ইত্যাদি। কোন কক্ষে অবস্থিত ইলেকট্রনের শক্তির মাত্রার পার্থক্য থাকায় কক্ষগুলিকে s, p, d, f, ইত্যাদি উপস্তরে বা অণুস্তরে (Sublevel) ভাগ করা যায়। এদের অরবাইটাল কোয়ান্টাম সংখ্যা (Orbital quantum number) বা অ্যাজিমুথাল কোয়ান্টাম সংখ্যা (Azimuthal quantum number) বলে। K কক্ষটি কেবলমাত্র 's' উপস্তর দিয়ে গঠিত। L-টি s এবং p দিয়ে, M-টি s, p, d দিয়ে, N-টি s, p, d, f দিয়ে গঠিত। যে কক্ষ কেন্দ্রীণ থেকে যত দূরে অবস্থিত তার শক্তির মাত্রাও তত বেশি। s, p, d, f উপস্তরে ইলেকট্রন রাখার সর্বোচ্চ সংখ্যা যথাক্রমে 2, 6, 10 এবং 14। s, p, d, f উপস্তরের অরবাইটাল সংখ্যা যথাক্রমে 1, 3, 5 এবং 7। যে কোন

অরবাইটালে দুটোর বেশি ইলেকট্রন থাকতে পারবে না। অবশ্য কোন অরবাইটালে দুটো ইলেকট্রন থাকলে ঐ দুই ইলেকট্রনের নিজের অক্ষের উপর ঘূর্ণন (Spin) একে অন্যের বিপরীত হতেই হবে। কোন ইলেকট্রনের নিজের অক্ষের উপর ঘূর্ণনের অভি-মুখ (Direction) অনুযায়ী আর এক প্রকার কোয়ান্টাম সংখ্যা ইলেকট্রনের হতে পারে যাকে ঘূর্ণন কোয়ান্টাম সংখ্যা (Spin quantum number) বলে। কোন অরবাইটালে এরকম বিপরীত ঘূর্ণন বিশিষ্ট (⇅) ইলেকট্রন যুগলকে জোড়বদ্ধ ইলেকট্রন (Paired electrons) বলে। জোড়বদ্ধ ইলেকট্রনগুলি ছোট দণ্ড চুম্বকের মত আচরণ করে এবং এদের দরুন চৌম্বক ক্ষেত্রের (Magnetic field) লব্ধ শক্তির (Resultant) মাত্রা শূন্য হবে।

এছাড়া কোন ইলেকট্রনের অরবাইটালের শূন্যে (Space) দিগ বিন্যাসের (Orientation) দরুন আর একপ্রকার কোয়ান্টাম সংখ্যা ইলেকট্রনের হয় যাকে চুম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা (Magnetic quantum number) বলে।

সুতরাং পরমাণুতে অবস্থিত কোন ইলেকট্রনকে সুনির্দিষ্ট করতে চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যা প্রয়োজন এবং কোন পরমাণুতে অবস্থিত কোন দুটি ইলেকট্রনের চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যা কখন সমান হবে না। একে পাউলির অপবর্জন নীতি (Pauli,s Exclusion Principle) বলে।

চিত্র 22

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক এক অর্থাৎ কেন্দ্রীণে প্রোটনের সংখ্যা এক এবং ইলেকট্রন মহলে ইলেকট্রনের সংখ্যাও এক। অর্থাৎ হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনটির মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা K বা 1। K স্তরটি কেবলমাত্র 's' উপস্তর দিয়ে গঠিত এবং এই উপস্তরে কেবলমাত্র একটি ইলেকট্রন আছে এবং এটির ঘূর্ণন যে কোন দিকে হতে পারে। অতএব হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস বোঝাতে গেলে লিখতে হবে $1s^1$। অবশ্য এটি হাইড্রোজেনের ভৌম অবস্থায় (Ground

state) বিন্যাস। উদ্দীপিত (Excited) অবস্থায় ইলেকট্রন যে কোন স্তরে যেতে পারে, সেটা নির্ভর করে শক্তি প্রয়োগের মাত্রার উপর। যত বেশি শক্তি প্রয়োগ করা হবে ইলেকট্রন ভৌম অবস্থা থেকে তত বেশি অধিকতর শক্তির স্তরে উন্নীত হবে।

হিলিয়াম পরমাণুতে দুটি ইলেকট্রন থাকে। ভৌম অবস্থায় এই দুটি ইলেকট্রনের বিন্যাস হবে $1s^2$। লিথিয়াম পরমাণুতে তিনটি ইলেকট্রন থাকে, K-তে দুটি এবং L-এ একটি। অর্থাৎ $1s^2 2s^1$। (বলা না থাকলে ইলেকট্রনীয় বিন্যাস ভৌম অবস্থায় আছে বলে ধরতে হবে) কার্বনের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^2$, অর্থাৎ K-তে 2টি ও L-এ 4টি ইলেকট্রন আছে এবং 'L' স্তরের 's' উপস্তরে দুটি এবং p উপস্তরে দুটি।

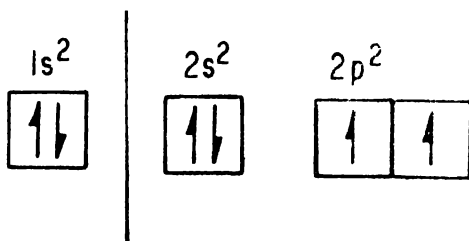
সেরকম নাইট্রোজেনের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হবে $1s^2 2s^2 2p^3$ এবং অক্সিজেনের $1s^2 2s^2 2p^4$, নিয়নের $1s^2 2s^2 2p^6$। অর্থাৎ নিয়নের ক্ষেত্রে K ও L স্তরে (1 এবং 2 মুখ্য কোয়াণ্টাম সংখ্যায়) সর্বোচ্চ সংখ্যক ইলেকট্রন আছে।

পরমাণুর পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধিতে ইলেকট্রন মহলেও ক্রমাগত ইলেকট্রনের সংখ্যা বৃদ্ধি পাবে। ইলেকট্রনের সংখ্যা বৃদ্ধিতে ইলেকট্রনগুলি যে কোন কক্ষে ইচ্ছামত থাকতে পারে না। সাধারণ নিয়মানুযায়ী ধীরে ধীরে নিম্নতম শক্তি স্থান থেকে উচ্চতর শক্তির স্থান অধিকার করে। অর্থাৎ কেন্দ্রীণের নিকটতম কক্ষ থেকে ইলেকট্রন পূরণ হতে থাকে। কারণ যে কক্ষ কেন্দ্রীণের যত নিকটে অবস্থিত তার শক্তির মাত্রাও তত কম। সুতরাং K কক্ষের s উপস্তর পূরণ হবার পর L কক্ষের 's' উপস্তর আগে এবং পরে p উপস্তর পূরণ হবে। সেভাবে M কক্ষের প্রথমে 's', পরে 'p' এবং তারপর 'd' উপস্তর পূরণ হবে। যেসব মৌলের কক্ষ এই নিয়মে পূরণ হয় তাকে সাধারণ মৌল বলে। যেমন হাইড্রোজেন, হিলিয়াম, কার্বন, নিয়ন, সোডিয়াম, ক্লোরিন ইত্যাদি সাধারণ মৌল।

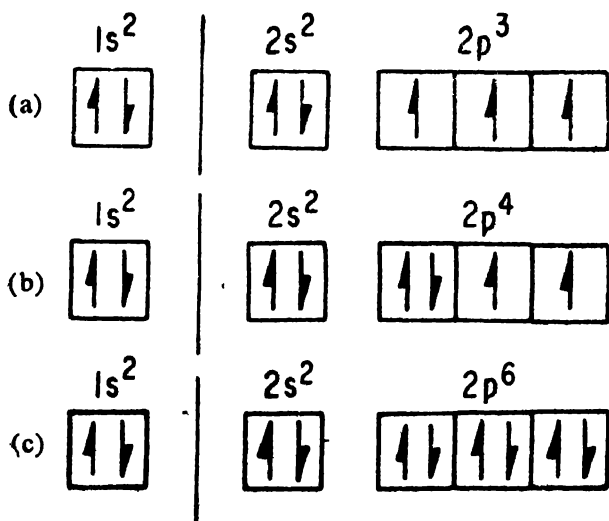
অনেক সময় ভারী মৌলের ক্ষেত্রে ভিতরের 'd' উপস্তর অপূর্ণ থাকলেও বাইরের 's' উপস্তরে ইলেকট্রন যেতে পারে। তবে সেক্ষেত্রে সর্ববহিস্তরে দুটির বেশি ইলেকট্রন থাকতে পারবে না। এইরকম মৌল যাদের ভিতরের স্তরে ইলেকট্রন সম্পূর্ণ ভর্তি না হয়ে বাইরের স্তরে ইলেকট্রন স্থান নিতে পারে তাদের সন্ধিগত মৌল বলে। যেমন লোহা $_{26}Fe$-এর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$, $3d^6 4s^2$।

অভিন্ন শক্তির মাত্রা বিশিষ্ট অরবাইটালে অধিক সংখ্যায় ইলেকট্রন এককভাবে থাকার প্রবণতা থাকে। একে হুণ্ডের সূত্র (Hund's rule) বা সর্বাধিক বহুকতার

নিয়ম (Principle of maximum multiplicity) বলে। যেমন কার্বনের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^2$ ।

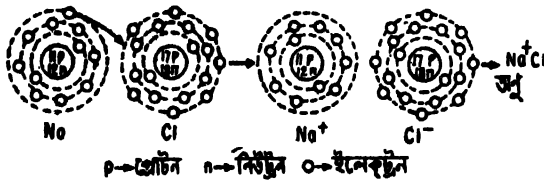
এখন 2p উপস্তরে তিনটি অরবাইটাল আছে এবং কার্বনের 2p উপস্তরে অবস্থিত দুটি ইলেকট্রন কোন একটি অরবাইটালে জোড়বদ্ধ অবস্থায় না থেকে দুটি অরবাইটালে একটি করে থাকবে। অর্থাৎ কার্বনের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হবে—

(↿) চিহ্ন একটি ইলেকট্রনকে প্রকাশ করে এবং তীরের ফলা উপর বা নিচের দিকে করে ইলেকট্রনের ঘূর্ণনকে বোঝান হয়। সেইরকম নাইট্রোজেনের এবং অক্সিজেনের বিন্যাস হবে যথাক্রমে চিত্র (a) এবং (b)-এর মত।

এর থেকে বোঝা যাচ্ছে যে কোন অরবাইটালে ইলেকট্রন জোড়বদ্ধ হবার আগে সমান শক্তি বিশিষ্ট অন্য অরবাইটাল খালি থাকবে না।

নিয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6$ [চিত্র (c)]।

যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব (Electronic Theory of Valency) : অণু গঠনের সনাতনী ধারণা পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাসের উপর নির্ভরশীল, যা কিনা লুইস (Lewis) এবং কোসেল (Kossel) উপস্থিত করেন। পর্যায় সারণীতে অবস্থিত নিষ্ক্রিয় গ্যাসের (Inert gases) ইলেকট্রনীয় বিন্যাস পরীক্ষা করলে দেখা যায় যে, এদের বহিঃকক্ষটি (Outermost shell) আট ইলেকট্রন দিয়ে সম্পৃক্ত। একমাত্র হিলিয়ামের বহিঃকক্ষটি 2টি ইলেকট্রন দিয়ে সম্পৃক্ত। এই নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অন্য কোন মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয় না এবং এদের ইলেকট্রনীয় স্তরগুলি স্থায়ী এবং সম্পূর্ণ ভর্তি অর্থাৎ সম্পৃক্ত। অন্য মৌলের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস এমন যে, এদের বহিঃকক্ষটি অসম্পূর্ণ। এই মৌলগুলি ইলেকট্রন বর্জন বা প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করতে চায়। মৌলের এই ক্ষমতাকে মৌলের যোজ্যতা বলে এবং যে কয়টি ইলেকট্রন বর্জন বা গ্রহণ করে নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রনীয় গঠন বিন্যাস লাভ করে, সেই সংখ্যাটি মৌলের যোজ্যতা হবে। সব মৌলই যে ইলেকট্রন বর্জন বা গ্রহণ করে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস লাভ করে তা নয়। কোন কোন ক্ষেত্রে উভয় পরমাণুরই (এক বা একাধিক মৌলের) এক বা একাধিক ইলেকট্রন জোড় সমভাবে গ্রহণ করে উভয়েই নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস লাভ করে। অণু গঠনের ক্ষেত্রে মৌলগুলি ভিন্নভাবে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস লাভ করতে পারে।

1. **তড়িৎ যোজ্যতা (Electrovalency) :** দুইটি মৌলের মধ্যে ইলেকট্রন আদান-প্রদানের ফলে এই যোজ্যতা সৃষ্টি হয়। যে মৌল ইলেকট্রন বর্জন করে সেই মৌলটি পরাতড়িৎ যুক্ত এবং যে মৌলটি ঐ ইলেকট্রন গ্রহণ করে সেই মৌলটি অপরাতড়িৎযুক্ত হয়ে তড়িতাকর্ষণের দ্বারা যৌগ গঠনের ক্ষমতাকে তড়িৎ যোজ্যতা বলে। তড়িৎ যোজ্যতা সম্পন্ন যৌগের মধ্যে আয়নিক বা তড়িৎ যোজক বা তড়িৎ বন্ধন দ্বারা মৌলগুলি যুক্ত থাকে।

সোডিয়াম পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ এবং ক্লোরিনের $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$। সোডিয়ামের বহিঃকক্ষ 3s উপস্তরে একটি ইলেকট্রন আছে। সোডিয়াম এই $3s^1$ ইলেকট্রনটি বর্জন করলে সোডিয়ামের একটি (+) আধান লাভ করে। এই Na^+ আয়নের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হবে $1s^2 2s^2 2p^6$ এবং এটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়নের বিন্যাস লাভ করে স্থায়ী ও সুস্থির হয়। পক্ষান্তরে ক্লোরিনের বহিঃকক্ষের বিন্যাস $3s^2 3p^5$ অর্থাৎ পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস আরগনের চেয়ে

একটি ইলেকট্রন কম। ক্লোরিন একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে আরগনের বিন্যাস ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$) লাভ করে এবং ক্লোরিনের একটি (–) আধান হয়। এখন Na^+ এবং Cl^- আয়নের মধ্যে তড়িতাকর্ষণের দ্বারা সোডিয়াম ক্লোরাইড (Na^+Cl^-) গঠিত হয়।

চিত্র 23

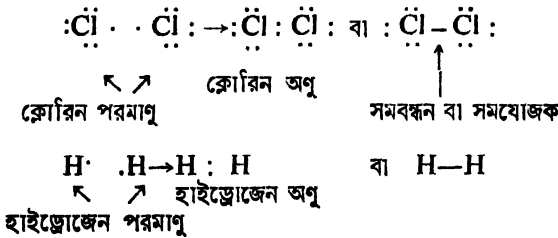
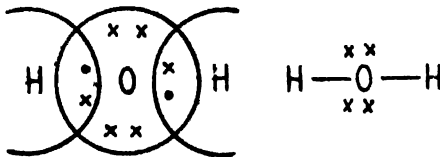
পরা ও অপরাধর্মী উভয় আয়নের বহিঃকক্ষে আটটি ইলেকট্রন থাকে এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসের বিন্যাস লাভ করে।

সমযোজ্যতা (Covalency) : দুটি পরমাণু সমান সংখ্যায় ইলেকট্রন প্রদান করে যে ইলেকট্রন জোড় (Pair) গঠন করে তাকে উভয়েই সমভাবে ব্যবহার করে তাদের বহিঃকক্ষে আটটি (বিশেষ ক্ষেত্রে দুটি) ইলেকট্রন পূরণ করে। প্রত্যেকটি ইলেকট্রন জোড়ে ইলেকট্রনগুলির ঘূর্ণন একে অন্যের বিপরীত অবশ্যই হবে। এইভাবে উৎপন্ন অণু সমযোজ্যতা দিয়ে গঠিত হয় এবং অণুটিতে সমযোজক বা সমবন্ধন (Covalent bond) বর্তমান থাকে। প্রতিজোড়া ইলেট্রনের জন্যে একটি সমবন্ধন সৃষ্টি হবে।

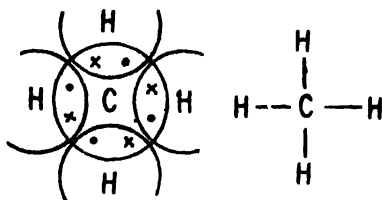
$$:\ddot{\underset{..}{Cl}}\cdot \quad \cdot\ddot{\underset{..}{Cl}}: \rightarrow :\ddot{\underset{..}{Cl}}:\ddot{\underset{..}{Cl}}: \quad \text{বা} \quad :\ddot{\underset{..}{Cl}}-\ddot{\underset{..}{Cl}}:$$

↖ ↗ ক্লোরিন অণু ↑
ক্লোরিন পরমাণু সমবন্ধন বা সমযোজক

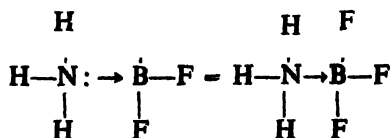
$$H\cdot \quad \cdot H \rightarrow H : H \qquad \text{বা} \quad H—H$$

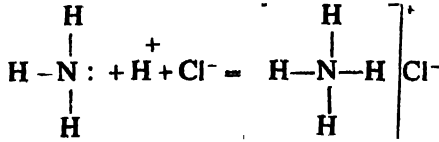
↖ ↗ হাইড্রোজেন অণু
হাইড্রোজেন পরমাণু

হাইড্রোজেন অণুর ক্ষেত্রে বহিঃকক্ষে আটের বদলে দুটি ইলেকট্রন থাকে। জলের

অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি দ্বিপূর্তি হয়েছে এবং অক্সিজেন পরমাণুর অষ্টকপূর্তি হয়েছে। অক্সিজেন পরমাণুটি সমযোজক দ্বারা দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে জলের অণু গঠন করে এবং জলের অণুতে অক্সিজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ (Lone) দুজোড়া ইলেকট্রন থাকে।

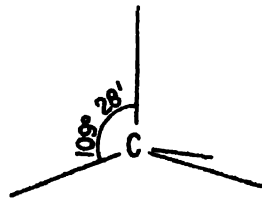
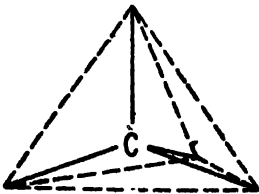
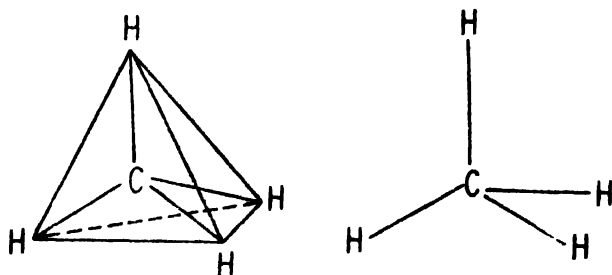
যে রকম মিথেন অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি দ্বিপূর্তি এবং কার্বনের অষ্টকপূর্তি হয়েছে। কার্বন চারটি সমযোজক দিয়ে চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত।

$$
\begin{array}{ccc} & H & \\ & | & \\ H - & C & - H \\ & | & \\ & H & \end{array}
$$

অসমযোজ্যতা (Co-ordinate Covalency): সমযোজক যৌগের অণু গঠন কালে সমযোজক উৎপন্নকারী প্রত্যেকটি পরমাণুই এক বা একাধিক ইলেকট্রন প্রদান করে যে ইলেকট্রন জোড় গঠন করে তা উভয় পরমাণুই সমভাবে ব্যবহার করে। অনেক যৌগের অণুর ক্ষেত্রে ইলেকট্রন জোড়ের উভয় ইলেকট্রনই একটি মৌলের পরমাণু প্রদান করে এবং তা অন্য পরমাণু গ্রহণ করে যোজক সৃষ্টি করে। এই রকম যোজ্যতাকে অসমযোজ্যতা এবং এই অসমযোজ্যতা দিয়ে উৎপন্ন যৌগকে অসমযোজক যৌগ বলে। যে মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন জোড় প্রদান করে তাকে দাতা (Donor) এবং যে মৌলের পরমাণু ঐ জোড় গ্রহণ করে তাকে গ্রহীতা (Acceptor) বলে। অসমযোজক বা অসমবন্ধনকে → চিহ্ন দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

অ্যামোনিয়ার অণুতে একজোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন থাকে। অ্যামোনিয়ার এই ইলেকট্রন জোড়কে বোরন ট্রাইফ্লোরাইড গ্রহণ করে, কারণ বোরণ তার নিজের অষ্টক-পূর্তি করে এবং অসমযোজ্যতা সম্পন্ন যৌগ উৎপন্ন করে। এখানে অ্যামোনিয়া দাতা আর বোরন ট্রাইফ্লোরাইড গ্রহীতা।

$$
\begin{array}{c} H \\ H-\dot{N}: \\ | \\ H \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \\ \dot{B}-F \\ | \\ F \end{array} = \begin{array}{c} H \quad F \\ H-\dot{N}\rightarrow\dot{B}-F \\ | \quad\; | \\ H \quad F \end{array}
$$

সেই রকম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের অণুতে অ্যামোনিয়া দাতা এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের প্রোটন গ্রহীতা।

$$H-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{N}}: + \overset{+}{H} + Cl^- = \left[H-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{N}}-H\right]^+ Cl^-$$

অসমযোজ্যতার দরুন যৌগ গঠনকালে একটি পরমাণু ইলেকট্রনযুগল দান করে এবং অন্য পরমাণু তা গ্রহণ করে। ফলে যে পরমাণুটি ইলেকট্রনযুগল দান করে তার একটি ইলেকট্রন কম হয় বলে পরমাণুটি (+) আধান পায় এবং অন্য পরমাণু যা গ্রহণ করে তার ইলেকট্রনের সংখ্যা একটি বৃদ্ধি পায় বলে (−) আধান পায়। এই (+) ও (−) আধানের মধ্যে তড়িতাকর্ষণের দ্বারা তড়িৎযোজক যৌগ হয়। অসমযোজক যৌগের অণুতে (+) ও (−) আধান থাকায় ওটি দণ্ডচুম্বকের মত আচরণ করে এবং এই সব যৌগের দ্বিমেরু আঘূর্ণনের মান শূন্য হবে না।

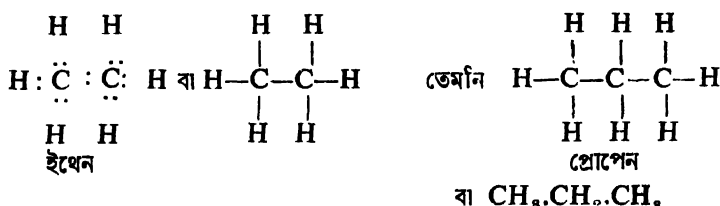
কার্বনের যোজ্যতা (Valency of Carbon): কার্বন পরমাণুর পারমাণবিক গুরুত্ব 12 এবং পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক ছয়। অর্থাৎ কার্বন পরমাণুর কেন্দ্রীণে ছয়টি প্রোটন এবং ছয়টি নিউট্রন এবং ইলেকট্রন মহলে ছয়টি ইলেকট্রন আছে। এই ইলেকট্রনগুলির বিন্যাস হবে $1s^2 2s^2 2p^2$। বেশির ভাগ যৌগে কার্বন পরমাণু চারটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে তার বহিঃকক্ষের অষ্টকপূর্তি করে এবং কার্বন পরমাণু চারটি সমযোজক গঠন করে। সমচতুস্তলক বা সমচতুস্তলকের (tetrahedron) কেন্দ্রে কার্বন পরমাণু আছে বলে মনে করা হয় এবং ঐ সমচতুস্তলকের চারটি কোণে কার্বনের যোজ্যতা নির্দেশিত হয়। ফলে কার্বনের যে কোন দুটি যোজ্যতার মধ্যে যোজক কোণের পরিমাণ 109°28'।

সরলতম জৈব যৌগ মিথেনে কার্বন পরমাণু সমচতুস্তলকের কেন্দ্রে আছে এবং চারটি শীর্ষ কোণে চারটি হাইড্রোজেন সমযোজক দিয়ে কার্বনের সঙ্গে যুক্ত।

কার্বন কার্বন একবন্ধ (Carbon Carbon Single Bond) : কার্বন পরমাণু যেমন অন্য মৌলের সঙ্গে সমযোজক দ্বারা যুক্ত হয়ে একবন্ধ সৃষ্টি করে, তেমনি কার্বন পরমাণু অপর কার্বন পরমাণুর সঙ্গে সমযোজক দ্বারা যুক্ত হয়েও একবন্ধ সৃষ্টি করতে পারে। যেমন ইথেন, প্রোপেন ইত্যাদিতে।

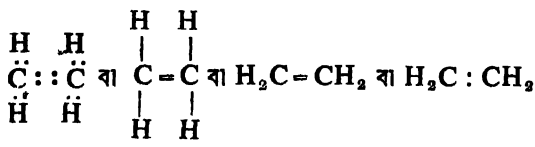
$$H:\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\ddot{\underset{\cdot\cdot}{C}}}}:\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\ddot{\underset{\cdot\cdot}{C}}}}:H \text{ বা } H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-H$$

ইথেন

$$\text{তেমনি } H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-H$$

প্রোপেন

বা $CH_3.CH_2.CH_3$

কার্বন কার্বন দ্বিবন্ধ (Carbon Carbon Double Bond) : কার্বন পরমাণু অপর কার্বন পরমাণুর সঙ্গে সমযোজক দ্বারা যুক্ত হয়ে দ্বিবন্ধ সৃষ্টি করতে পারে। যেমন ইথিলিন অণু।

$$\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\ddot{\underset{\cdot\cdot}{C}}}}::\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\ddot{\underset{\cdot\cdot}{C}}}} \text{ বা } \overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}=\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}} \text{ বা } H_2C=CH_2 \text{ বা } H_2C:CH_2$$

কার্বন কার্বন ত্রিবন্ধ (Carbon Carbon Triple Bond) : কার্বন পরমাণু অপর কার্বন পরমাণুর সঙ্গে সমযোজক দ্বারা যুক্ত হয়ে ত্রিবন্ধ সৃষ্টি করতে পারে। যেমন অ্যাসিটিলিন অণুতে।

$H:C:::C:H$ বা $HC\equiv CH$ বা $HC \vdots CH$

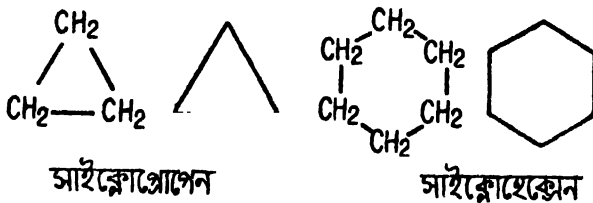
কার্বন কার্বনের মধ্যে দ্বিবন্ধ ($>C=C<$) বা ত্রিবন্ধ ($-C \equiv C-$) থাকলে সেই যৌগকে অসম্পৃক্ত যৌগ বলে।

বৃত্তাকার বা চক্রাকার যৌগ (Cyclic Compounds) : কার্বন কার্বনের সঙ্গে সমযোজক দ্বারা যুক্ত হয়ে বৃত্তাকার বা চক্রাকার (Ring) যৌগ সৃষ্টি করতে পারে। বৃত্তাকার যৌগ সৃষ্টি করতে কমপক্ষে তিনটি কার্বন পরমাণু দরকার এবং বৃত্তাকার যৌগে কার্বন কার্বন পরমাণুর মধ্যে একবন্ধ বা দ্বিবন্ধ কিংবা ত্রিবন্ধও থাকতে পারে। যেমন,

CH_2 CH_2—CH_2

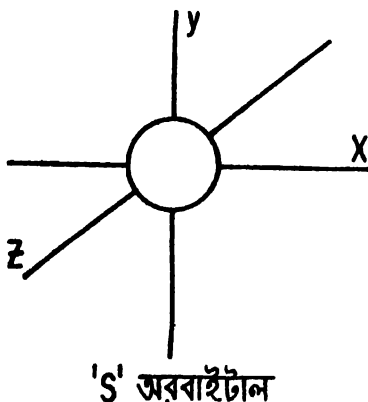
সাইক্লোপ্রোপেন

CH_2 CH_2 CH_2 CH_2 CH_2 CH_2

সাইক্লোহেক্সেন

পারমাণবিক এবং আণবিক অরবাইটাল বা কক্ষীয়সমূহ (Atomic and Molecular Orbitals) : এতাবৎকাল পর্যন্ত লুইস (Lewis) তত্ত্বের সাহায্যে জৈব যৌগের আণবিক গঠন যোজ্যতা যোজক (Valency bond) দিয়ে ব্যাখ্যা করা হয়। লুইস তত্ত্বটি আবার বোরের (Bohr) পারমাণবিক গঠনের উপর নির্ভরশীল। লুইস তত্ত্বের সাহায্যে যৌগের আণবিক গঠন ব্যাখ্যা করলে কতকগুলি দুর্বলতা লক্ষ্য করা যায়। যেমন এই তত্ত্ব যৌগের জ্যামিতিক আকার (Geometry of molecules), বিভিন্ন ধরনের যোজকের শক্তির মাত্রার (Bond strength) (যেমন কার্বন কার্বন একবন্ধ, দ্বিবন্ধ, ত্রিবন্ধ ইত্যাদির) মধ্যে বৈষম্য এবং বিক্রিয়া করা গতির হার বিভিন্ন হওয়ার কোন সদুত্তর দিতে পারে না।

লুইস তত্ত্বের ঐ সকল দুর্বলতা দূর করার জন্য বোরের দেওয়া পারমাণবিক গঠনের কিছু পরিবর্তন করে তরঙ্গধর্মী বলবিজ্ঞানের (Wave mechanics) সাহায্যে পারমাণবিক গঠনের ব্যাখ্যা করা হল। আগে ইলেকট্রনকে একক ঋণাত্মক আধানে আহিত অতি ক্ষুদ্র কণা বলে ধরা হত। স্রোডিনজার (Schrödinger) প্রথম বলেন যে, কণা (Particle) এবং তরঙ্গ (Wave) এই দ্বার্থ প্রকৃতি ইলেকট্রনের আছে। 1926 খ্রীস্টাব্দে তিনিই প্রথম পরমাণুতে অবস্থিত ইলেকট্রনের উপর তরঙ্গ

সমীকরণ (Wave equation) প্রয়োগ করে কোন শক্তি স্তরে অবস্থিত ইলেকট্রনের অরবাইটালের আকার ও আকৃতির ব্যাখ্যা করেন। বোর সেখানে পরমাণুতে ইলেকট্রনের আবর্তন পথকে সৌর মণ্ডলে অবস্থিত গ্রহদের আবর্তন কক্ষের (Orbit) সঙ্গে তুলনা করেন, সেখানে তরঙ্গধর্মী বলবিজ্ঞান কক্ষের পরিবর্তে পারমাণবিক অরবাইটাল (Atomic orbital) বা কক্ষীয় ব্যাপার অবতারণা করে। পরমাণুর কেন্দ্রীণ থেকে নির্দিষ্ট দিকে এবং দূরত্বে, কোন নির্দিষ্ট আয়তন জায়গায় (Volume element) কোন ইলেকট্রনের প্রাপ্তির সম্ভাবনাকে (Probability) পারমাণবিক অরবাইটাল বলে। কেন্দ্রীণ থেকে বিভিন্ন দূরত্বে ইলেকট্রন প্রাপ্তির সম্ভাবনার মান বিভিন্ন হবে। এবং এই মান যত বাড়বে ইলেকট্রন প্রাপ্তির সম্ভাবনাও তত বাড়বে। এই সকল অরবাইটালের চৌহুদ্দি বা সীমারেখা খুব স্পষ্ট নয়, কারণ কেন্দ্রীণ থেকে দূরবর্তী কোন অঞ্চলে ইলেকট্রনের প্রাপ্তির সম্ভাবনা নগণ্য হলেও একেবারে শূন্য হয় না। অতএব আমরা কোন একটি ইলেকট্রনের প্রাপ্তির সম্ভাবনার অঞ্চলের মানচিত্র আঁকতে পারি। ঐ অঞ্চলের মধ্যে কোন একটি ইলেকট্রনকে প্রাপ্তি সম্ভাবনা সবচেয়ে বেশি এবং যার বাইরে প্রাপ্তির সম্ভাবনা খুবই কম বা নেই। এই অঞ্চলগুলিই পারমাণবিক অরবাইটাল এবং এদেরকে s, p, d, f ইত্যাদি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

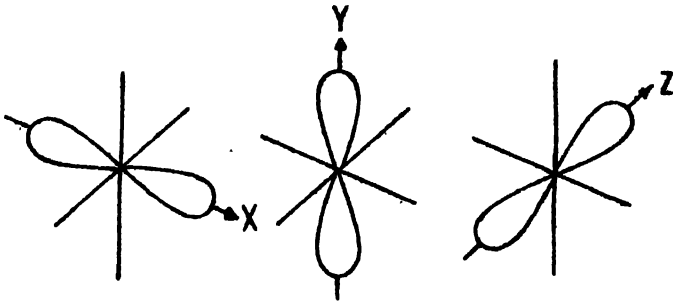
s অরবাইটালের আকৃতিঃ সবচেয়ে স্থায়ী অবস্থায় (State) হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^1$ এবং এই অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর

'S' অরবাইটাল

ইলেকট্রনটি কেন্দ্রীণের সবচেয়ে কাছে থাকে। অর্থাৎ এই 1s অরবাইটালটি হবে আয়তনে ক্ষুদ্রতম। এই 1s অরবাইটালটি গোলীয়ভাবে (Spherically) সমমিত

(Symmetrical)। অর্থাৎ কেন্দ্রীণকে কেন্দ্র করে 'r' ব্যাসার্ধ নিয়ে একটি গোলক উপস্থাপন করলে ঐ গোলকের মধ্যে 1s ইলেকট্রনটি প্রাপ্তি সম্ভাবনা সবচেয়ে বেশি, যা দিকের (direction) উপর নির্ভর করে না।

2s অরবাইটালটি 1s অরবাইটালের মত কিন্তু আকৃতিতে বড়। অর্থাৎ 'r' মান বেশি। সুতরাং '2s' অরবাইটালের ইলেকট্রনের ঘনত্ব (Density) 1s-এর চেয়ে কম হবে, কিন্তু শক্তির মাত্রা বেশি হবে।

অনুরূপভাবে 3s এবং 4s-এর আকার 1s-এর মত হলেও আকৃতি অনেক বড় এবং শক্তির মাত্রাও বড়। কিন্তু আকার বড় বলে ইলেকট্রনের ব্যাপ্তি বেশি হবে, ফলে ইলেকট্রনের ঘনত্ব কম হবে।

p অরবাইটালের আকৃতি : p অরবাইটালের আকৃতিটা 's' অরবাইটালের থেকে সম্পূর্ণ আলাদা এবং এটির আকৃতিটা ডাম্বেলের (Dumb bell) মত। এই অরবাইটালের দুটি অংশ আছে যা কেন্দ্রীণের দুই পাশে অবস্থিত এবং একটি সাধারণ অক্ষ (Common axis) আছে। একই শক্তি বিশিষ্ট তিনটি p অরবাইটাল আছে, যাদের অক্ষগুলি একে অন্যের উপর লম্বভাবে আছে। তিনটি p অরবাইটালের আকৃতি ও আকার অভিন্ন হলেও এদের অক্ষের দিক বিভিন্ন ও যাদের x, y, z স্থানাঙ্ক দিয়ে প্রকাশ করা যায়। এই তিনটি p অরবাইটালকে যথাক্রমে p_x, p_y এবং p_z বলা হয়। 3p ও 4p র আকৃতি 2p-এর মত কিন্তু অধিক শক্তি বিশিষ্ট।

p অরবাইটালগুলির আপেক্ষিক অবস্থান

3d, 4d, 4f ইত্যাদি অরবাইটালগুলির জ্যামিতিক আকার সম্পূর্ণ ভিন্ন ধরনের এবং এদের শক্তির মাত্রাও বেশি। জৈব যৌগের যোজক বা বন্ধনের ব্যাপারে d এবং f অরবাইটালের তেমন প্রয়োজনীয় নয়।

অরবাইটাল বা তরঙ্গ অপেক্ষকে (Wave function) ইলেকট্রনগুলির পার্থক্য থাকবে। যে কোন অরবাইটালে দুটির বেশি ইলেকট্রন থাকতে পারবে না, সেক্ষেত্রে ঐ দুটি ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের পার্থক্য থাকবে অর্থাৎ একে অন্যের বিপরীত হবে (পাউলির অপবর্জন নীতি অনুসারে)। একে জোড়বদ্ধ ঘূর্ণন (Paired spin) বলে। জোড়বদ্ধ ঘূর্ণনের চিহ্ন হবে (↑↓)।

সনাতনী লুইস তত্ত্ব অনুযায়ী সমযোজক (Covalent) যৌগ গঠনে দুটি পরমাণু প্রত্যেকে একটি করে ইলেকট্রন প্রদান করে যে ইলেকট্রন জোড় হয় তাকে উভয়ে সমভাবে ব্যবহার করে। কিন্তু এখন পারমাণবিক অরবাইটালের সাহায্যে যোজক বা বন্ধনকে ব্যাখ্যা করা যায়। যৌগে যোজক গঠনে পরমাণুর যোজ্যতা ইলেকট্রন এবং এর সঙ্গে সংশ্লিষ্ট অরবাইটালগুলি প্রয়োজন। যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলি যোজ্যতা কক্ষে (Valency shell) জোড়বদ্ধ অবস্থা ছাড়া এককভাবে বর্তমান থাকে। কোন পরমাণুর এরকম বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ইলেকট্রনগুলি অপর পরমাণু এরকম বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ইলেকট্রনগুলির সঙ্গে জোড়বদ্ধ হয়ে অণু সৃষ্টি করে এবং ইলেকট্রনগুলি জোড়বদ্ধ অরবাইটালে (Bonding orbital) শক্তির মাত্রা কম হয়।

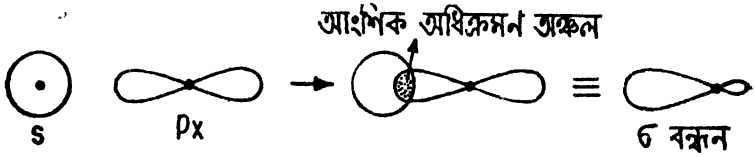
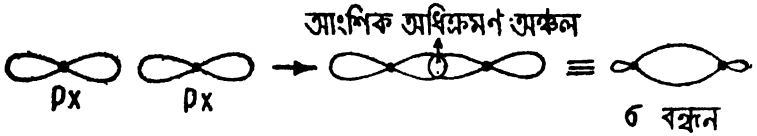
সমযোজ্যতা সম্পন্ন যৌগের যোজক গঠনে একটি পরমাণুর পারমাণবিক অরবাইটাল (যোজক ইলেকট্রনের) অপর পরমাণুর পারমাণবিক অরবাইটালকে আংশিক অধিক্রমণ বা আবৃত (Overlapped) করে এক নতুন অরবাইটাল গঠন করে, যাকে আণবিক অরবাইটাল (Molecular orbital) বলে। এই আণবিক অরবাইটালকে উভয় পরমাণু শূন্যে এক বিশেষ অঞ্চলে সমভাবে ব্যবহার করে। আণবিক অরবাইটাল কেবলমাত্র দুটি ইলেকট্রন দিয়ে গঠিত হবে।

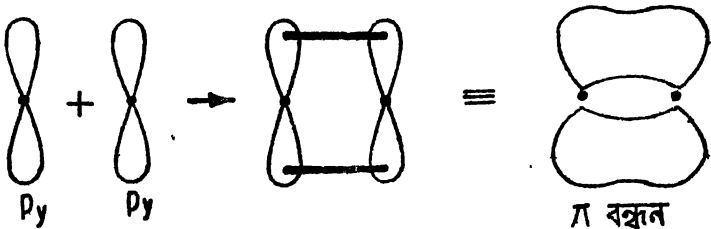
যৌগে ইলেকট্রনগুলি একাধিক কেন্দ্রীণের ক্ষেত্রে বিচরণ করে বলে ইলেকট্রনগুলির আচরণ পারমাণবিক অরবাইটালের মত হয় না। এর ফলে ইলেকট্রনগুলির যে নতুন আচরণ সৃষ্টি হয়, তা আণবিক অরবাইটালের উপর নির্ভর করে। পারমাণবিক অরবাইটালগুলির রৈখিক সংযোগের (Linear combination of atomic orbitals) ফলে আণবিক অরবাইটাল সৃষ্টি হয়।

সমযোজকের শ্রেণী (Type of Covalent Bonds) : সমযোজককে বা আণবিক অরবাইটালকে দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—(1) σ [সিগম্যা (sigma)] বন্ধন এবং (2) π [পাই (pi)] বন্ধন।

(1) σ বন্ধন তিনভাবে হতে পারে। যেমন—

(i) দুটি s অরবাইটালের আংশিক অধিক্রমণের সাহায্যে। উদাহরণ হাইড্রোজেন অণু।

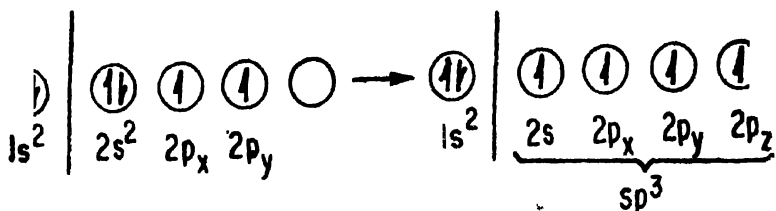
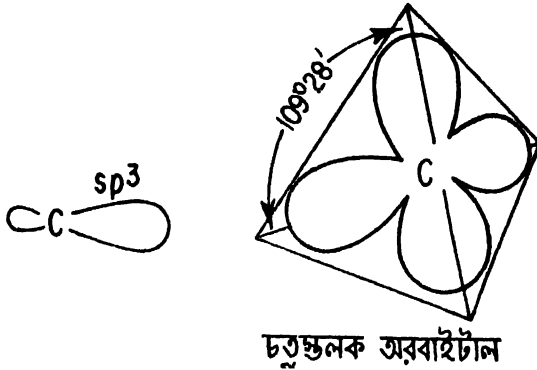
(ii) s অরবাইটালের সঙ্গে p_x অরবাইটালের আংশিক অধিক্রমণের সাহায্যে।

(iii) দুটি p অরবাইটালের আংশিক অধিক্রমণের সাহায্যে।

একটি σ বন্ধন বা অরবাইটালের জন্য দুটি (জোড়বদ্ধ) ইলেকট্রন যথেষ্ট। দুটি পরমাণুর কেন্দ্রীণের সংযোগ সরলরেখায় σ বন্ধন সমমিত হবে। এই সরলরেখা বরাবর পরমাণু দুটি ঘুরতে পারবে।

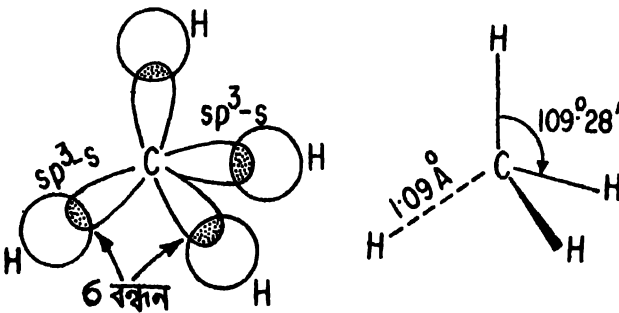
(2) **π বন্ধন :** দুটি p অরবাইটাল যখন তাদের অক্ষ বরাবর সমান্তরালভাবে বা পাশাপাশি আংশিক অধিক্রমণ হয় তখন π বন্ধন বা π অরবাইটাল সৃষ্টি হয়। π বন্ধনে দুটি খণ্ড (lobe) থাকে। পরমাণু দুটির কেন্দ্রীণ সংযুক্ত তলের উপরে ও নিচে π বন্ধনে ঐ দুটি খণ্ড সমভাবে অবস্থান করে। π অরবাইটালটি এই তল বরাবর

সমমিত। π বন্ধনের সাহায্যে সংযুক্ত পরমাণুগুলি স্বাধীনভাবে ঘুরতে পারে না। আর স্বাধীনভাবে ঘুরতে পারে না বলে সিসট্রান্স জ্যামিতিক সমাবয়বতার সৃষ্টি হয়। π বন্ধনের ইলেকট্রনগুলির শক্তিমাত্রা σ বন্ধনের ইলেকট্রনের থেকে বেশি বলে σ বন্ধন π বন্ধনের থেকে অধিকতর শক্তিশালী। অর্থাৎ π বন্ধনের থেকে σ বন্ধন ভাঙ্গতে অধিক মাত্রার শক্তি প্রয়োজন হয়।

সঙ্করণ (Hybridization)

কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হলো $1s^2\ 2s^2\ 2p_x, 2p_y$। সুতরাং কার্বনের যোজ্যতা হবে দুই। কিন্তু বেশির ভাগ যৌগে কার্বনের যোজ্যতা চার। অতএব কার্বনের চার যোজ্যতা হতে গেলে $2s^2\ 2p_x\ 2p_y$ ইলেকট্রনগুলি জড়িত থাকে। কিন্তু কার্বনের $2s^2$ ইলেকট্রন দুটি জোড়বদ্ধ অবস্থায় থাকে। যোজক গঠনকালে কার্বনের এই $2s^2$ জোড়বদ্ধ ইলেকট্রনের একটিকে বিচ্ছিন্ন করে $2p_z$ অরবাইটালে উন্নীত করা হয়। ভৌম অবস্থায় কার্বনের $2p_z$ অরবাইটালটি শূন্য থাকে। $2s$ অরবাইটাল থেকে $2p_z$-এ ইলেকট্রনকে আনতে কিছু শক্তির প্রয়োজন হয়। সুতরাং কার্বনের এখন একক ইলেকট্রন বিশিষ্ট ($2s, 2p_x, 2p_y\ 2p_z$) চারটি অরবাইটাল হবে। যারা অবশ্যই তুল্যমানের হবে না। কিন্তু সম্পৃক্ত সমস্ত কার্বন যৌগে কার্বনের চারটি যোজ্যতা তুল্যমানের হয়। কার্বন পরমাণুর ($2s, 2p_x, 2p_y, 2p_z$) এই চারটি যোজ্যতা অরবাইটাল নিজেদের মধ্যে মিলেমিশে চারটি অরবাইটাল সৃষ্টি করে যা কিনা মেলামিশির প্রকৃতির উপর নির্ভর করে অরবাইটালগুলি তুল্যমানের হবে, কি না হবে। তিন রকম ভাবে হাইব্রিডাইজেশান বা সঙ্করণ হতে পারে—(i) সমচতুস্তলক (ii) ত্রিসমনতাক্ষ (trigonal) এবং (iii) কর্ণ (Diagonal)।

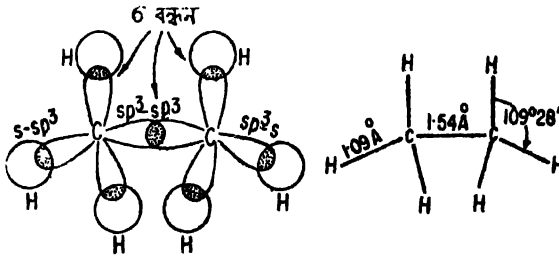
(i) চতুস্তলক সঙ্করণ : এই সঙ্করণে কার্বনের $2s^2$ এবং ($2p_x, 2p_y$) চারটি ইলেকট্রন মিলেমিশে চারটি তুল্যমানের অরবাইটাল সৃষ্টি করে, সেগুলি সমচতুস্তলকের চারটি কোণের দিকে নির্দেশিত থাকে। এই চারটি অক্ষ বরাবর ইলেকট্রন মেঘ (Electron cloud)-এর ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি থাকে এবং এই অক্ষ বরাবর

$1s^2$ | $2s^2\ 2p_x\ 2p_y$ ⟶ $1s^2$ | $2s\ 2p_x\ 2p_y\ 2p_z$ (sp^3)

ইলেকট্রন প্রাপ্তির সবচেয়ে বেশি সম্ভাবনাময় অঞ্চলের আকার ও আকৃতি ছবিতে দেখান হল।

কোন কার্বন পরমাণু যখন অপর চারটি পরমাণু বা মূলকের সঙ্গে যুক্ত থাকে অর্থাৎ সম্পৃক্ত কার্বনের যৌগে এই চারটি sp^3 অরবাইটালের ব্যবহারে গঠিত হবে।

মিথেনের বন্ধন (Bonding in Methane) : মিথেনের কার্বন পরমাণুর চারটি sp^3 অরবাইটালের প্রত্যেকটির সঙ্গে হাইড্রোজেন পরমাণুর 1s অরবাইটালের অধিক্রমণের (Overlap) ফলে শক্তিশালী আণবিক অরবাইটাল σ বন্ধন সৃষ্টি করে।

চিত্র 24

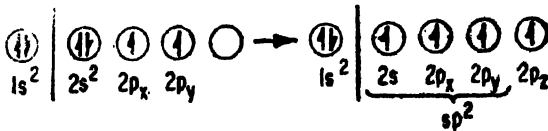
ঐ চারটি σ বন্ধনের অক্ষ চতুস্তলকের কোণের দিকে নির্দেশিত থাকবে। এই আণবিক অরবাইটালগুলি দুটি পরমাণুর আঞ্চলিক সীমার মধ্যে অবরুদ্ধ থাকবে এবং এদের সীমাবদ্ধ আণবিক অরবাইটাল (Localised molecular orbital) বলে।

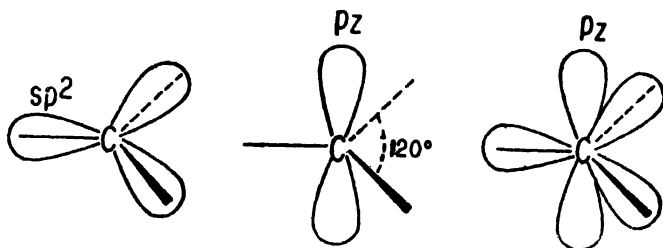
কার্বন পরমাণুর সঙ্গে চারটি অভিন্ন পরমাণু বা মূলক যুক্ত থাকলে তাদের আণবিক বিন্যাস মিথেনের ন্যায় হবে। যেমন কার্বন টেট্রাক্লোরাইড CCl_4, টেট্রামিথাইল মিথেন $(CH_3)_4C$ ইত্যাদি। কিন্তু বিভিন্ন পরমাণু বা মূলক থাকলে চতুস্তলক বিন্যাসের কিছু বিকৃতি ঘটে। পরমাণু ও মূলকের আয়তন ও তড়িৎঋণাত্মকের পার্থক্যের দরুন বিন্যাসের বিকৃতি ঘটে।

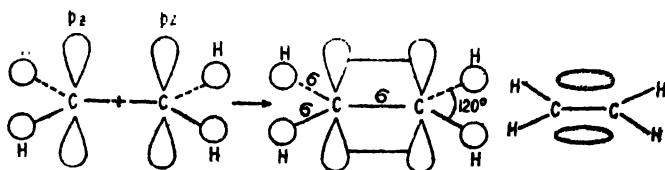
ইথেনের বন্ধন (Bonding in Ethane) ঃ ইথেনে ছয়টি H—C সমযোজক এবং একটি C—C সমযোজক আছে। মিথেনের মত প্রত্যেকটি H—C সমযোজক কার্বনের sp^3 অরবাইটালের সঙ্গে হাইড্রোজেনের 1s অরবাইটালের অধিক্রমণের ফলে সৃষ্টি হয় এবং C—C সমযোজকটি প্রত্যেকটি কার্বনের sp^3 অরবাইটাল একে অন্যের উপর অধিক্রমণের ফলে সৃষ্টি হয়। ইথেনে ছয়টি H—C সমযোজক এবং একটি C—C সমযোজক প্রত্যেকটিই σ বন্ধন।

চিত্র 25

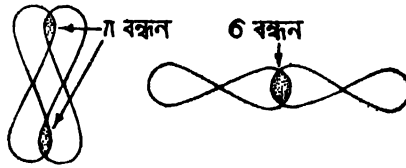
ইথেনে H—C—H এবং H—C—C কোণগুলি প্রত্যেকেই 109°28′। ইথেনের আণবিক অরবাইটালগুলিও সীমাবদ্ধ অবস্থায় থাকে।

ত্রিসমনতাক্ষ (Trigonal) সঙ্করণ ঃ এই সঙ্করণের কার্বনের 2s, $2p_x$ এবং $2p_y$ তিনটি ইলেকট্রন মিলেমিশে তিনটি তুল্যমানের অরবাইটাল সৃষ্টি করে,

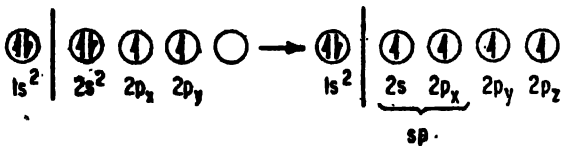
$1s^2$ | $2s^2$ $2p_x$ $2p_y$ → $1s^2$ | $2s$ $2p_x$ $2p_y$, $2p_z$ (sp^2)

যাদের sp^2 অরবাইটাল বলে। এই তিনটি sp^2 অরবাইটাল xy তলে একে অন্যের সঙ্গে 120° কোণে অবস্থান করে। $2p_z$ ইলেকট্রনটি xy তলের সঙ্গে লম্বভাবে অবস্থান করে। p_z ইলেকট্রনটি সঙ্করণে অংশ গ্রহণ করে না। ফলে তিন তুল্যমানের যোজ্যতা

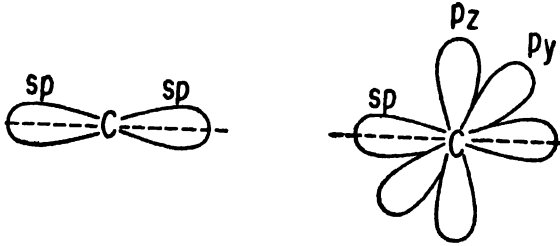
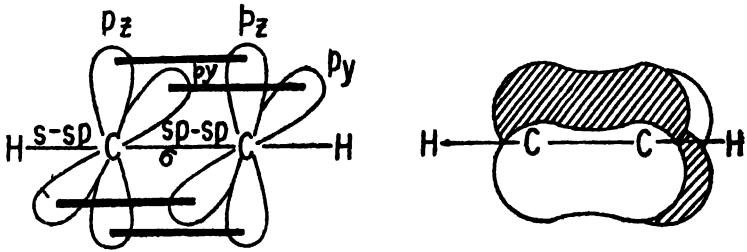
অভিন্ন তলে এবং চতুর্থটি এই তলের সঙ্গে লম্বভাবে অবস্থান করে। অভিন্ন তলে অবস্থিত তুল্যমানের তিনটি sp^2 অরবাইটাল তিনটি সমযোজক বা σ বন্ধন সৃষ্টি করে

এবং তলের সঙ্গে লম্বভাবে অবস্থিত p_z ইলেক্ট্রন π বন্ধন সৃষ্টি করে। π বন্ধন সৃষ্টি করলে এই p_z ইলেক্ট্রনকে π ইলেক্ট্রন বা অসম্পৃক্ত ইলেক্ট্রন (Unsaturated electron) বা সচল ইলেক্ট্রন (Mobile electron) বলে।

দ্বিযোজকবিশিষ্ট অসম্পৃক্ত যৌগে এই ত্রিসমনতাক্ষ সঙ্করণ ঘটে। যেমন ইথিলিনে। এই ইথিলিনে দুটি কার্বন পরমাণুতে মোট ছয়টি sp^2 অরবাইটাল আছে এবং দুটি p_z ইলেক্ট্রন আছে। এই ছয়টি sp^2 অরবাইটালের মধ্যে চারটি হাইড্রোজেনের $1s^1$ অরবাইটালের সঙ্গে অধিক্রমণের ফলে 4টি C—H σ বন্ধন সৃষ্টি করে এবং প্রত্যেকটি কার্বনের অপর একটি sp^2 অরবাইটাল অন্যের সঙ্গে অধিক্রমণ করে C—C σ বন্ধন সৃষ্টি করে। প্রত্যেকটি কার্বনের p_z ইলেক্ট্রন অপর কার্বনের p_z ইলেক্ট্রনের সঙ্গে পাশাপাশি (Sidewise) অধিক্রমণের ফলে π বন্ধন সৃষ্টি করে। p_z ইলেক্ট্রনের এই পাশাপাশি অধিক্রমণকে π অধিক্রমণ (π Overlap) বলে।

ইথিলিনে σ বন্ধনগুলি অভিন্ন তলে অবস্থান করে অর্থাৎ দুটি কার্বন ও 4টি হাইড্রোজেন অভিন্ন তলে থাকে এবং π ইলেক্ট্রনগুলি এই তলের সঙ্গে লম্বভাবে থেকে একে অন্যকে অধিক্রমণ করে π বন্ধন সৃষ্টি করে। H—C—H এবং H—C—C কোণের পরিমাণ 120°। π বন্ধন তখনই সম্ভব যখন দুটি কার্বন ও চারটি হাইড্রোজেন

পরমাণু বা অন্য পরমাণু একই তলে থাকে এবং একই তলে থাকলে অধিক্রমণ সবচেয়ে বেশি সম্ভব। অধিক্রমণ যত বেশি হবে π বন্ধন শক্তি তত বাড়বে অর্থাৎ π যৌগের স্থায়িত্ব তত বাড়বে। p ইলেক্ট্রনের পাশাপাশি অধিক্রমণের ফলে π বন্ধন এবং প্রান্তিয় অধিক্রমণের ফলে σ বন্ধন সৃষ্টি হয়। p অরবাইটালের মত π বন্ধনের দুটি সমান অংশ বা খণ্ড (Lobe) থাকে। একটি অংশ তলের উপরে এবং অপরটি

তলের নিচে থাকে। এই দুই খণ্ডে π ইলেক্ট্রনকে প্রাপ্তির সম্ভাবনা সবচেয়ে বেশি। পাশাপাশি দুটি কার্বনের p ইলেক্ট্রনের অক্ষ যখন সমান্তরাল হবে তখন p ইলেক্ট্রনের মধ্যে অধিক্রমণ সর্বাধিক হবে অর্থাৎ এই অবস্থায় π বন্ধনটি সবচেয়ে স্থায়ী হবে। p ইলেক্ট্রনের পাশাপাশি অধিক্রমণের থেকে σ বন্ধনের প্রান্তিয় অধিক্রমণ বেশি হয়ে থাকে। ফলে π বন্ধনের থেকে σ বন্ধনের স্থায়িত্ব অনেক বেশি হবে।

কর্ণ সঙ্করণ (Diagonal Hybridisation) : এই সঙ্করণে কার্বনের 2s, $2p_x$ দুটি ইলেক্ট্রন মিলেমিশে তুল্যমানের একরেখীয় দুটি অরবাইটাল সৃষ্টি করে।

$1s^2$ | $2s^2$ $2p_x$ $2p_y$ → $1s^2$ | $2s$ $2p_x$ $2p_y$ $2p_z$ (2s, $2p_x$ → sp)

তাদের sp অরবাইটাল বলে। sp অরবাইটাল একই সরলরেখায় অবস্থান করে এবং এদের মধ্যে কোণের পরিমাণ 180°। p_y ও p_z ইলেক্ট্রন দুটি একে অন্যের সঙ্গে লম্বভাবে এবং প্রত্যেকে sp অরবাইটালের অক্ষের উপরও লম্বভাবে অবস্থান করে। এই p_y ও p_z ইলেক্ট্রনগুলি সঙ্করণে অংশ গ্রহণ করে না। একই রেখায় অবস্থিত দুটি sp অরবাইটাল সমযোজক বা σ বন্ধন সৃষ্টি করে এবং p_y ও p_z ইলেক্ট্রন (যারা সঙ্করণে

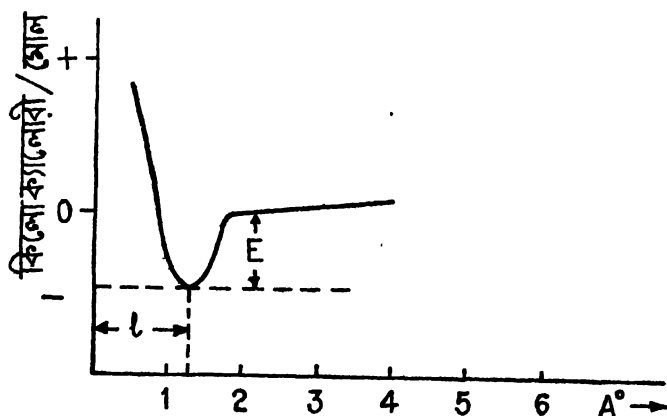
অংশ নেয় না) দুটি π বন্ধন সৃষ্টি করে। অর্থাৎ একটি ত্রিবন্ধ (Triple bond) সৃষ্টি করে। উদাহরণ অ্যাসিটিলিন।

অ্যাসিটিলিনে প্রত্যেকটি কার্বনের দুটি sp অরবাইটালের মধ্যে একটি হাইড্রোজেনের 1s অরবাইটালের সঙ্গে অধিক্রমণের ফলে দুটি C—H সমযোজক বা σ বন্ধন সৃষ্টি করে এবং প্রত্যেক কার্বনের অপর sp অরবাইটাল একে অন্যের সঙ্গে অধিক্রমণ করে C—C সমযোজক বা σ বন্ধন সৃষ্টি করে। প্রত্যেক কার্বনের p_y ও p_z ইলেকট্রন অপরটি যথাক্রমে p_y ও p_z সঙ্গে পাশাপাশি অধিক্রমণের ফলে দুটি π বন্ধন বা একটি ত্রিবন্ধ সৃষ্টি করে। প্রত্যেকটি কার্বনের সমান্তরাল অক্ষ বিশিষ্ট p ইলেকট্রনগুলি একে অন্যের

চিত্র 26

সঙ্গে সবচেয়ে বেশি মাত্রা অধিক্রমণ করে। ফলে এই রকম অধিক্রমণের ফলে সবচেয়ে স্থায়ী ত্রিবন্ধ যৌগ সৃষ্টি হবে। প্রত্যেকটি π বন্ধনের দুটি সমান খণ্ড থাকবে অর্থাৎ অ্যাসিটিলিনের মোট চারটি সমান খণ্ড থাকবে, যারা C—C σ অক্ষের সঙ্গে সমমিত।

যোজক দৈর্ঘ্য (Bond length) বা বন্ধন দৈর্ঘ্য : সমযোজক দ্বারা যুক্ত পরমাণুদ্বয়ের কেন্দ্রীণের (Nucleus) কেন্দ্রের (Centre) মধ্যে দূরত্বকে যোজক দৈর্ঘ্য বা বন্ধন দৈর্ঘ্য বলে। যোজক দৈর্ঘ্য সাধারণত অ্যাংস্ট্রম (Angstrom) এককে মাপা হয় এবং এক্স-রে ক্রিস্টালোগ্রাফী (X-ray Crystallography) বা অনুতরঙ্গ

(Micro wave) বর্ণালী বিক্ষণের (Spectroscopy) সাহায্যে নির্ণয় করা হয়। (1Å = 10^{-8} cm)

যোজক	যোজক দৈর্ঘ্য Å	বন্ধন শক্তি Kcal/মোল	যোজক	যোজক দৈর্ঘ্য Å	বন্ধন শক্তি Kcal/মোল
C—H	1·12	99	C—C	1·54	83
N—H	1·03	93	C=C	1·40	145
O—H	0·97	111	C≡C	1·21	192

বন্ধন শক্তি (Bond Energy) ঃ অণুতে অবস্থিত কোন যোজককে ভাঙ্গতে যে পরিমাণ শক্তি প্রয়োজন তাকে বন্ধন শক্তি বা শক্তির মাত্রা বলে। ইলেক্‌ট্রন জোড় যোজকের বন্ধন শক্তির মাত্রা পরমাণুদ্বয়ের কেন্দ্রীণের দূরত্বের উপর নির্ভর করে, (যা

চিত্র 27

লেখচিত্র থেকে দেখান হয়েছে। এই লেখচিত্রের বক্রতার নিম্নতম অংশটি সাধারণ অবস্থায় যোজক দৈর্ঘ্য (l) নির্দেশিত করে। পরমাণুদ্বয়ের কেন্দ্রীণের দূরত্ব খুব কম হলে কেন্দ্রীণদ্বয়ের বিকর্ষণের জন্য শক্তির মাত্রা খুব তাড়াতাড়ি বেড়ে ওঠে এবং কেন্দ্রীণ-দ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব খুব বেড়ে গেলে ঐ তন্ত্রের (System) শক্তির মাত্রা দুটি মুক্ত পরমাণুর শক্তির মাত্রার প্রায় সমান হবে এবং এই শক্তির মাত্রা থেকে সাধারণ অবস্থায় যোজক দৈর্ঘ্যে অণুর শক্তির মাত্রার মধ্যে পার্থক্যকে বন্ধনশক্তি (E) বলে। বন্ধন শক্তি K Cal/মোল হিসেবে প্রকাশ করা হয়।

তড়িৎ ঋণাত্মকতা (Electronegativity) ঃ কোন পরমাণুর ইলেকট্রনের প্রতি আসক্তিকে তড়িৎ ঋণাত্মকতা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোন পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করবে কি বর্জন করবে তা তড়িৎ ঋণাত্মকতা দিয়ে বুঝতে পারা যায়। অর্থাৎ বলা যেতে পারে যে, বিভিন্ন মৌল পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হবে কিনা তা জানার জন্য মৌলের পরমাণুগুলির তড়িৎ ঋণাত্মকতা জানা প্রয়োজন। মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা ওদের পরমাণু ক্রমের সঙ্গে পর্যায়বৃত্ত ক্রমে পরিবর্তিত হয়। যেমন আধুনিক পর্যায় সারণীর যে কোন একটি পর্যায় লক্ষ্য করলে বুঝতে পারা যায় যে, মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সাথে সাথে ওদের তড়িৎ ঋণাত্মকতাও বৃদ্ধি পায়। সর্বাপেক্ষা বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল হ্যালোজেন। যেমন, দ্বিতীয় ও তৃতীয় পর্যায়ের প্রথম মৌল যথাক্রমে লিথিয়াম ও সোডিয়াম। এদের তড়িৎ ঋণাত্মকতা যথাক্রমে 1 ও 0·9 এবং এদের পরবর্তী মৌলদের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান নিচে দেখান হল—

দ্বিতীয় পর্যায়	Li	Be	B	C	N	O	F
তড়িৎ ঋণাত্মকতা	1	1·5	2	2·5	3	3·5	4
তৃতীয় পর্যায়	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
তড়িৎ ঋণাত্মকতা	0·9	1·2	1·5	1·8	2·1	2·5	3·0

উপরে মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান বিজ্ঞানী পাউলিং (Pauling) প্রথম বার করেন বন্ধনশক্তির (Bond energy) সাহায্যে এবং সবচেয়ে বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল হল ফ্লোরিন, যার তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান 4 ধরে নিয়ে এর পরিপ্রেক্ষিতে অন্যান্য মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান নির্ণয় করেন।

আবার এটা লক্ষ্য করা গেছে যে, পর্যায় সারণীর কোন একটি নির্দিষ্ট গ্রুপে মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধিতে ওদের তড়িৎ ঋণাত্মকতা ক্রমাগত হ্রাস পায়। যেমন—

গ্রুপ VII

F ⟶ 4·0
Cl ⟶ 3·0
Br ⟶ 2·8
I ⟶ 2·5

বেশি তড়িৎ ঋণাত্মকতা ধর্মী মৌল সহজেই ইলেকট্রন গ্রহণ করে ঋণাত্মক আয়নে পরিবর্তিত হয়। যেমন $Cl + e \rightarrow Cl'$ অপরপক্ষে কম তড়িৎ ঋণাত্মকতা ধর্মী মৌল সহজেই ইলেকট্রন ত্যাগ করে ধনাত্মক আয়নে পরিবর্তিত হয়। যেমন,

$$Na - e \rightarrow Na^{+}$$

সমযোজকের আধান পৃথকীভবন বা সমযোজকে মেরুর ধ্রুবতা (Separation of Charge in Covalent Bonds or Polarity of Covalent Bonds) : যখন দুটি সমান তড়িৎ ঋণাত্মকতাধর্মী পরমাণুর মধ্যে সমযোজক (Covalent bond) বর্তমান থাকে তখন ইলেকট্রন জোড়কে দুটি পরমাণুই সমানভাবে প্রভাব বিস্তার করে। যেমন হাইড্রোজেন (H_2), অক্সিজেন (O_2), ক্লোরিন (Cl_2) ইত্যাদি অণুতে যে যোজক বর্তমান তাকে প্রকৃত সমযোজক বলে। কিন্তু যখন দুটি বিভিন্ন তড়িৎ ঋণাত্মকতা ধর্মী পরমাণুর মধ্যে সমযোজক উৎপন্ন হয় তখন যোজক উৎপন্নকারী ইলেকট্রন জোড়কে অধিক তড়িৎ ঋণাত্মকতা ধর্মী পরমাণু অধিক প্রভাব বিস্তার করে। ফলে ঐ পরমাণু ইলেকট্রন জোড়কে অধিক আকর্ষণ করে নিজের দিকে কিছুটা টেনে আনে। এতে ঐ ইলেকট্রন যুগল অপর পরমাণু থেকে সামান্য দূরে সরে যায়। আর এই কারণে অণুর মধ্যে আধানের পৃথকীভবন হয়। অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুতে সামান্য ঋণাত্মক আধান এবং অপর পরমাণুটিতে সামান্য ধনাত্মক আধান উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ অণুটিতে ডাইপোল (Dipole) বা দ্বিধ্রুবের সৃষ্টি হয়। পৃথকীকৃত আধানের মাত্রার (e.s.u মাত্রায়) সঙ্গে মেরুদ্বয়ের দূরত্বের (Å এককে) গুণফল দ্বারা দ্বিধ্রুব আঘূর্ণ বা দ্বিমেরু প্রাবল্য বা দ্বিমেরু ভ্রামকের (Dipole moment) মাত্রা নির্ণয় করা হয়। এই মাত্রাকে ডিবাই (Debye) [D] বলে।

$$\mu = e \times d.$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হবার সময় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মধ্যে সমযোজক উৎপন্ন হয়। একটি ইলেকট্রন জোড় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মধ্যে যোজক উৎপন্ন করে বা সংযোগ রক্ষা করে। হাইড্রোজেন অপেক্ষা ক্লোরিনের তড়িৎ ঋণাত্মকতা অনেক বেশি বলে ঐ ইলেকট্রন জোড়কে ক্লোরিন কিছুটা টেনে আনে। এতে ক্লোরিনে কিছুটা ঋণাত্মক আধান এবং হাইড্রোজেনে কিছুটা ধনাত্মক আধান সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যোজকটি সামান্য আয়নধর্মী হয়। তীর চিহ্ন (→) দিয়ে এই ইলেকট্রন জোড় অপসরণ প্রকাশ করা হয়। তীরের ফলা যে পরমাণুর দিকে নির্দেশিত হবে সেই দিকে ইলেকট্রন এবং তীরের ফলার বিপরীত দিকের পরমাণু থেকে ইলেকট্রন জোড় সরে যায়। সঠিক সমমিত (Symmetrical) যৌগের অণুর দ্বিমেরু ভ্রামকের মাত্রা শূন্য হবে। যেমন H_2, O_2, Cl_2, N_2-এর দ্বিমেরু আঘূর্ণের মাত্রা শূন্য। এদের সমযোজককে অমেরু যোজক বা অমেরু (Non polar) বন্ধন বলে এবং অমেরু বন্ধন দিয়ে যে অণু সৃষ্টি হয় তাকে

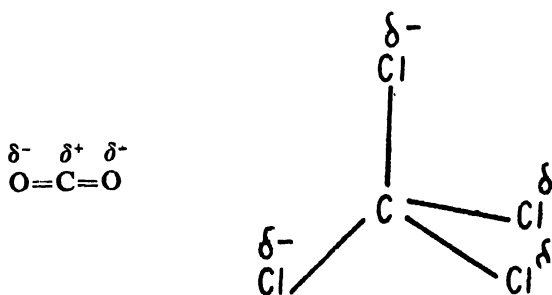
অমেরু যৌগ (Non polar compound) বলে। অসমধর্মী তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের মধ্যে সমযোজক সৃষ্টির দ্বারা যে যৌগ উৎপন্ন হয়, সেই যৌগে মেরুর প্রকাশ

$$\overset{+\longrightarrow}{H{-}Cl} \qquad \overset{\delta^+ \quad \delta^-}{CH_3{-}Cl}\atop{+\longrightarrow}$$

হয় বলে তাকে সমেরু যৌগ (Polar compound) এবং ঐ সমযোজককে সমেরু যোজক (Polar bond) বলে।

কয়েকটি যৌগের দ্বিধ্রুব আঘূর্ণের মান (D)

HF ... 1·91	HBr ... 0·78	H_2O ... 1·84
HCl ... 1·03	HI ... 0·58	NH_3 ... 1·7

অসমধর্মী তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের মধ্যে সমযোজক সৃষ্টি হলেই যে উৎপন্ন যৌগটি সমেরু যৌগ হবে এমন নয়। যদি ঐ যৌগের গঠন বিন্যাস সমমিত হয়, সেক্ষেত্রে ঐ যৌগের দ্বিমেরু আঘূর্ণের লব্ধি (resultant) ফল শূন্য হয়। যেমন CO_2, CS_2, CCl_4, C_6H_6 ইত্যাদির দ্বিমেরু আঘূর্ণের মান শূন্য।

জলের অণুতে H—O—H কোণের পরিমাণ 180° নয় বলে জলের অণুর দ্বিমেরু আঘূর্ণের লব্ধি ফলের পরিমাণ শূন্য হয় না। কিন্তু CO_2-এ O—C—O কোণের পরিমাণ 180° বলে দ্বিমেরু আঘূর্ণের লব্ধি ফল শূন্য হয়, ঐ একই কারণে CS_2-এর মানও শূন্য হয়। কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে ক্লোরিন পরমাণুগুলি সমচতুস্তলকের শীর্ষ কোণে সমমিতভাবে কার্বনের পাশে থাকে বলে দ্বিমেরু আঘূর্ণের মাত্রা এক্ষেত্রেও শূন্য হবে।

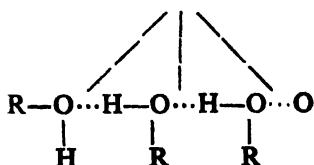
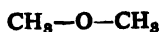
হাইড্রোজেন বন্ধন (Hydrogen Bond) : হাইড্রোজেন পরমাণু অন্য কোন মৌলের পরমাণুর সঙ্গে সমযোজক উৎপন্ন করলে হাইড্রোজেনের ইলেকট্রন কক্ষে

দুটি ইলেকট্রন থাকে। কিন্তু হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত অপর মৌলটি শক্তিশালী তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল হলে, ঐ উৎপন্ন অণুর মধ্যে ডাইপোল সৃষ্টি হয়। এতে হাইড্রোজেন পরমাণুটি ধনাত্মক আধান বিশিষ্ট হয় এবং যদিও ইলেকট্রন জোড়টি হাইড্রোজেনের কক্ষ থেকে সম্পূর্ণ পৃথক না হলেও আংশিক অপূর্ণ থাকে। ফলে কিছুটা ধনাত্মক আধান বিশিষ্ট হাইড্রোজেনের পরমাণু অপর অণুর তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুটির সঙ্গে বন্ধন সেতু (bridge) সৃষ্টি করতে পারে। এই রকম বন্ধনকে হাইড্রোজেন বন্ধন (Hydrogen bond) বলে।

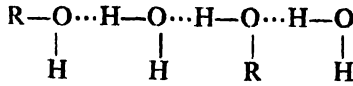
সাধারণত অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি পরমাণুর সঙ্গে হাইড্রোজেন হাইড্রোজেন বন্ধন সৃষ্টি করে। এই বন্ধনের শক্তি খুব বেশি নয় (সাধারণত 3 to 5 K. Cal/mole)। হাইড্রোজেন বন্ধনের জন্য অনেক যৌগের ভৌত ধর্মের আমূল পরিবর্তন হয়। যেমন স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক, দ্রাব্যতা ইত্যাদি।

জলের আণবিক গুরুত্ব 18 হলে জল সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় অবস্থায় থাকার কথা, কিন্তু জলের অণুগুলি হাইড্রোজেন বন্ধনের সাহায্যে সংগুণিত (Associated) হয় বলে আণবিক গুরুত্ব জলের বৃদ্ধি পায়, ফলে গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্কও বৃদ্ধি পায়। ঐ একই কারণে HF-এর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।

যেসব যৌগের আণবিক গুরুত্ব প্রায় সমান, তাদের স্ফুটনাঙ্কও প্রায় সমান হবার কথা। কিন্তু প্রায় সমান আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন যৌগ অ্যালকেন, ইথারের ক্ষেত্রে স্ফুটনাঙ্কের পার্থক্য তেমন বেশি না হলেও কোহলের ক্ষেত্রে কিন্তু এই পার্থক্য অনেক। কারণ কোহলের হাইড্রক্সিল মূলকের হাইড্রোজেন পরমাণুটি অপর কোহল অণুর হাইড্রক্সিল মূলকের অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধন সৃষ্টি করে সংগুণিত হয়। ফলে আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধি পায়, ফলে স্ফুটনাঙ্কও বৃদ্ধি পায়।

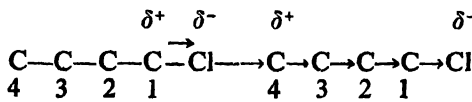
হাইড্রোজেন বন্ধন

$CH_3—CH_2—CH_3$	$CH_3—O—CH_3$	$CH_3—CH_2—OH$
প্রোপেন (স্ফুঃ —45°)	ডাইমিথাইল ইথার (স্ফুঃ —25°)	ইথানল (স্ফুঃ 78·3°)
আঃ গুঃ = 44	আঃ গুঃ = 46	আঃ গুঃ = 46

যে সব যৌগের অণু জলের সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধন সৃষ্টি করতে পারে তারা জলে অধিক দ্রাব্য হয়। যেমন মিথানল, ইথানল, জলে অনেক বেশি দ্রাব্য।

$$\begin{array}{ccccccc} R{-}O & \cdots & H{-}O & \cdots & H{-}O & \cdots & H{-}O \\ \;\;| & & \;\;\;| & & \;\;\;| & & \;\;\;| \\ \;\;H & & \;\;\;H & & \;\;\;R & & \;\;\;H \end{array}$$

অণুতে ইলেকট্রন অপসরণ

Electron Displacements in a Molecule

1. **আবেশীয় ক্রিয়া** (Inductive effect) ঃ যদি কোন কার্বন শৃঙ্খলের প্রান্তে তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলক থাকে তবে ঐ প্রান্তিয় কার্বন পরমাণুও ঐ তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বা মূলক, মনে করি, ক্লোরিনের মধ্যে সমযোজকের ইলেকট্রন জোড় C_1 কার্বন থেকে ক্লোরিনের দিকে সরে যাবে। এর ফলে ক্লোরিন পরমাণুটিতে কিছুটা ঋণাত্মক আধান এবং C_1 কার্বন পরমাণুতে কিছুটা ধনাত্মক আধানের সৃষ্টি হবে। C_1 কার্বন পরমাণুতে উৎপন্ন (+) আধান C_1 ও C_2-র মধ্যে অবস্থিত সমযোজকের ইলেকট্রন জোড়টি C_2 থেকে C_1-এর দিকে সরে যাবে। ফলে C_2-তে (+) আধান সৃষ্টি হবে। C_2-তে সৃষ্ট (+) আধানে মাত্রা C_1-এর থেকে কম হবে। কারণ

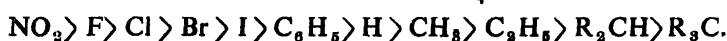
$$\underset{4}{C}{-}\underset{3}{C}{-}\underset{2}{C}{-}\underset{1}{\overset{\delta^+}{C}}\overset{\rightarrow}{-}\overset{\delta^-}{Cl} \longrightarrow \underset{4}{C}{\rightarrow}\underset{3}{C}{\rightarrow}\underset{2}{C}{\rightarrow}\underset{1}{\overset{\delta^+}{C}}{\rightarrow}\overset{\delta^-}{Cl}$$

এই ইলেকট্রনের অপসরণ ক্লোরিন দ্বারা সম্পাদিত হয় এবং যার দ্বারা এই ইলেকট্রন অপসরণ তার সঙ্গে দূরত্ব বৃদ্ধিতে স্বাভাবিকভাবে অপসরণ ক্রিয়ার বল কমে যাবে।

এই একইভাবে C_2 ও C_3-র মধ্যে ইলেকট্রন জোড় C_2-র দিকে সরে যাবে এবং C_3-তে (+) আধান সৃষ্টি হবে, যার মাত্রা C_2 থেকে অবশ্যই কম হবে। ক্লোরিনের জন্য সৃষ্ট এই ক্রিয়া C_1-এর মধ্য দিয়ে C_2 এবং C_2 থেকে C_3 ইত্যাদিতে চলে আসে।

এই ধরনের ইলেকট্রন অপসরণকে আবেশীয় ক্রিয়া বলে। আবেশীয় ক্রিয়াটি চিরস্থায়ী এবং যার জন্য এই ক্রিয়া সৃষ্টি হয় সেই কারণের দূরত্ব বাড়ার সঙ্গে ক্রিয়ার মাত্রা কমে আসে। সাধারণত দ্বিতীয় কার্বনের পর এই ক্রিয়ার মান প্রায় শূন্য। ইলেকট্রন অপসরণ হলেও একেবারে কক্ষচ্যুত হয় না। আবেশীয় ক্রিয়ার মাত্রা মৃদু হয়। সাধারণ তীর চিহ্নের (→) সাহায্যে ইলেকট্রন অপসরণ বোঝান হয় এবং তীরের ফলার দিকে অপসরণ হয়।

কোন যৌগে হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন অপসরণ বা আবেশীয় ক্রিয়ার মাত্রা শূন্য ধরা হয়। যে সকল পরমাণু বা মূলক ইলেকট্রন জোড়কে নিজের দিকে টেনে আনে তাদের ইলেকট্রন আকর্ষী পরমাণু (বা মূলক) বলে এবং যে সকল পরমাণু বা মূলক ইলেকট্রন জোড়কে বিকর্ষণ করে দূরে সরিয়ে দেয় তাদের ইলেকট্রন বিকর্ষী পরমাণু (বা মূলক) বলে। ইলেকট্রন আকর্ষী মূলকের (বা পরমাণুর) আবেশীয় ক্রিয়াকে $-I$ দিয়ে এবং ইলেকট্রন বিকর্ষী মূলকের (বা পরমাণুর) আবেশীয় ক্রিয়াকে $+I$ দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

আবেশীয় ক্রিয়ার ক্রম অবনতি অনুসারে পরমাণু ও মূলককে দেওয়া হল :

$$NO_2 > F > Cl > Br > I > C_6H_5 > H > CH_3 > C_2H_5 > R_2CH > R_3C.$$

H-এর আবেশীয় ক্রিয়ার মাত্রা শূন্য ধরে এর পরিপ্রেক্ষিতে Cl, NO_2-এর মান $-I$ এবং CH_3, $(CH_3)_3C'$-এর মান $+I$ হবে।

ইলেক্ট্রোমেরিক ক্রিয়া (Electromeric Effect) : দ্বি বা ত্রিযোজক দ্বারা যুক্ত পরমাণুদ্বয়ের এক জোড়া ইলেকট্রন ঐ পরমাণুদ্বয়ের কোনটিতে সম্পূর্ণ অপসারিত হওয়ার জন্য যে ক্রিয়ার (Effect) সৃষ্টি হয় তাকে ইলেক্ট্রোমেরিক ক্রিয়া বলে। এই ক্রিয়াটি অস্থায়ী এবং বাইরের কোন বিকারকের বিক্রিয়ার প্রয়োজনের জন্য এই ক্রিয়া কাজ করে এবং প্রয়োজনের সময়ই কেবলমাত্র এই ক্রিয়া কাজ করবে।

ইলেকট্রন জোড় সম্পূর্ণভাবে কোন একটি পরমাণুতে অপসারিত হয় বলে ঐ দুই পরমাণুর মধ্যে (+) ও (−) আধান সৃষ্টি হয়। যেমন কার্বনিল যৌগের উপর বিকারকের বিক্রিয়ার প্রয়োজনের জন্য নিম্নলিখিতভাবে ইলেক্ট্রোমেরিক ক্রিয়া কাজ করে। ইলেকট্রন জোড় অপসারণ বাঁকা তীর চিহ্নের সাহায্যে বোঝান হয়।

$$>C=O \longrightarrow >\overset{+}{C}-\overset{-}{O}$$

অবশ্য উল্টো দিকে অপসারণ হলে হবে,

$$>\overset{-}{C}-\overset{+}{O}$$

এখন কার্বনিল মূলকে অক্সিজেন কার্বন পরমাণুর তুলনায় অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক হওয়ার জন্য ইলেক্ট্রোমেরিক ক্রিয়ার দরুন অক্সিজেন (−) আধান এবং কার্বন (+)

আধান লাভ করার প্রবণতা অক্সিজেনে (+) এবং কার্বনে (−) আধান লাভ করার থেকে অনেক বেশি। অর্থাৎ $>\overset{-}{C}-\overset{+}{O}$ ইলেকট্রন অপসারণ হওয়ার প্রবণতা খুবই কম এবং আবেশীয় ক্রিয়া এইরকম অপসারণ হতে বাধা দেয়। পক্ষান্তরে এর উল্টো দিকে অপসারণ ($>\overset{+}{C}-\overset{-}{O}$) হতে আবেশীয় ক্রিয়া সাহায্য করে।

যৌগে ইলেক্ট্রোমেরিক ক্রিয়া ততক্ষণ হবে যতক্ষণ বাইরের বিকারক থাকবে, বিকারককে সরিয়ে নিলে আধানে আহিত অণু আগের অবস্থায় অর্থাৎ আগের ইলেকট্রনীয় বিন্যাসে ফিরে আসে।

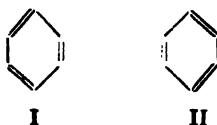
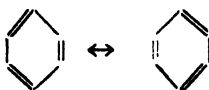
ইলেক্ট্রোমেরিক ক্রিয়া অস্থায়ী হলেও এটি শক্তিশালী অন্তত আবেশীয় ক্রিয়া থেকে এবং অনেক ক্ষেত্রে আবেশীয় ক্রিয়ার বিপরীত দিকে ইলেক্ট্রোমেরিক ক্রিয়া কাজ করে।

সংস্পন্দন (Resonance or Mesomerism) ঃ অনেক জৈব যৌগকে একটি মাত্র আণবিক গঠনের সাহায্যে সুনির্দিষ্টভাবে উপস্থিত করা সম্ভব ছিল না। কারণ একটিমাত্র আণবিক গঠন যৌগটির সমস্ত ধর্মকে যথাযথ ব্যাখ্যা করতে পারে না। উদাহরণ হল বেনজিন। আর এর থেকেই সংস্পন্দন তত্ত্বের উৎপত্তি। এতে বলা হল যে, কোন কোন জৈব যৌগ এমন অবস্থায় বর্তমান যা কিনা একাধিক বিভিন্ন ইলেকট্রনীয় গঠনের সমবায়ে গঠিত। ঐ গঠন সমবায় একত্রে জৈব যৌগের সকল ধর্ম ভালভাবে ব্যাখ্যা করতে পারে, কিন্তু কোন একটি গঠন সমস্ত ধর্ম ব্যাখ্যা করতে পারে না। এই ব্যাপারকে বলা হয় সংস্পন্দন বা মেজোমেরিজম বা রেজোন্যান্স।

সংস্পন্দনে কোন অণুতে অবস্থিত বিভিন্ন পরমাণুর অবস্থান অপরিবর্তিত থাকে। প্রতিটি গঠনে বেজোড় ইলেক্ট্রনের সংখ্যা সমান থাকে এবং প্রত্যেকটি গঠনের অভ্যন্তরীণ শক্তি প্রায় অভিন্ন থাকে।

এখন বেনজিনের ব্যাপারটা ধরা যাক। প্রথম অবস্থায় বেনজিনকে উপস্থিত করা হত নিচের গঠন দিয়ে ঃ

এতে প্রত্যেক কার্বনের সঙ্গে একটি করে হাইড্রোজেন যুক্ত এবং প্রত্যেকটি কার্বন অপর দুটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যথাক্রমে এক ও দ্বি-যোজক দিয়ে যুক্ত। অর্থাৎ বেনজিনে কার্বন কার্বন তিনটি একযোজক এবং কার্বন কার্বন তিনটি দ্বিযোজক আছে।

কিন্তু পরীক্ষায় প্রমাণিত হয়েছে যে, বেনজিনে প্রত্যেকটি কার্বন কার্বন যোজকের দৈর্ঘ্য সমান এবং এর মান 1·39Å। এই মানটি কার্বন কার্বন একযোজক (1·54Å) এবং দ্বিযোজকের (1·33Å) প্রায় গড় মান। এই দুর্বলতাকে অতিক্রম করতে বেনজিনের উপরের গঠনকে পরিবর্তন করে বলা হল যে, বেনজিন গঠন প্রকাশ করতে দুটি গঠন দেওয়া হল, যার একটি অন্যটিতে ক্রমাগত পরিবর্তিত হতে থাকে।

এই দুই গঠনে কেবলমাত্র ইলেকট্রনের অবস্থানের পার্থক্য আছে, কিন্তু পরমাণুর অবস্থানের পার্থক্য নেই। এই দুটি গঠনের কোন একটি বেনজিনের গঠন নয়, কিন্তু এদের সমবায়টি হবে বেনজিনের গঠন। এই ব্যাপারটি হবে সংস্পন্দনের উদাহরণ এবং ঐ গঠন সমবায়টিকে বলা হয় সংস্পন্দনশীল সঙ্কর (Resonance hybrid)। কোন একটি গঠন দিয়ে সংস্পন্দনশীল সঙ্করকে প্রকাশ করা যায় না; এবং সংস্পন্দনশীল সঙ্করের সমস্ত অণুই অভিন্ন হবে। যে সমস্ত গঠন সমবায়ে সংস্পন্দনশীল সঙ্করকে প্রকাশ করা হয়, তাদের প্রত্যেককে সংস্পন্দন গঠন (Resonance structure) বা ক্যানোনিক্যাল (Canonical) গঠন বলে। সংস্পন্দনকে প্রকাশ করতে গঠনগুলির মধ্যে দু-মাথা বিশিষ্ট তীর (↔) চিহ্নের ব্যবহার করা হয়।

প্রত্যেকটি গঠনের ধর্মের বীজগাণিতিক যোগফল (Algebraic sum) হবে সংস্পন্দন সঙ্করের ধর্ম। সঙ্কর গঠনটি যে কোন সংস্পন্দন গঠনের থেকে অধিক স্থায়ী, অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অধিক নিষ্ক্রিয় হবে এবং নিষ্ক্রিয়তা বা স্থায়িত্বের জন্য সঙ্কর গঠনটির অভ্যন্তরীণ শক্তির মাত্রা যে কোন সংস্পন্দন গঠনের থেকে কম হবে। আর এই শক্তির মাত্রার পার্থক্যকে বলা হয় সংস্পন্দনশক্তি (Resonance energy)। যা কিনা হিসাব নির্ভর (Calculated) শক্তির মাত্রা ও পর্যবেক্ষণ (Observed) শক্তির মাত্রার পার্থক্য। এই পার্থক্য যত বাড়বে, যৌগটি স্থায়িত্ব (Stability) তত বাড়বে। সংস্পন্দনশীল গঠনের সংখ্যা যত বাড়বে সংস্পন্দনশীল শক্তির মাত্রাও তত বাড়বে। সংস্পন্দন গঠন তুল্যমানের (Equivalent) হলে

সংস্পন্দন শক্তি সর্বাধিক হবে। বেনজিনের I বা II-এর পূর্ণ দহনে (Combustion) উৎপন্ন তাপের পরিমাণ পর্যবেক্ষণ দ্বারা হবে 759 K cal / মোল এবং হিসাব নির্ভর মান হবে 797 K cal / মোল। অর্থাৎ বেনজিনের সংস্পন্দন শক্তির পরিমাণ হবে (797 – 759) বা 38 K cal / প্রতি মোল।

সংস্পন্দন সঙ্করের পূর্বের ধর্ম হবে যোজক দৈর্ঘ্যের পার্থক্য। অর্থাৎ সংস্পন্দন সঙ্করের যোজক দৈর্ঘ্য যে কোন সংস্পন্দন গঠনের যোজক দৈর্ঘ্যের মধ্যে পার্থক্য থাকবে। যেমন বেনজিনের সংস্পন্দন সঙ্কর গঠনে কার্বন কার্বন যোজক দৈর্ঘ্যের মান 1·39Å। কিন্তু সংস্পন্দন গঠন (I বা II)-এ কার্বন কার্বন একযোজকের মান 1·54Å এবং দ্বিযোজকের মান 1·33Å। অর্থাৎ বেনজিনে কার্বন কার্বন যোজক দৈর্ঘ্যের মান এক ও দ্বিযোজকের মধ্যবর্তী একটি মান।

প্রশ্নাবলী

1. টীকা লেখ : (i) হুণ্ডের সূত্র (ii) মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা (iii) অপবর্জন নীতি (iv) সমযোজ্যতা (v) অসমযোজ্যতা (vi) পারমাণবিক অরবাইটাল (vii) আণবিক অরবাইটাল (viii) σ বন্ধন (ix) π বন্ধন (x) সঙ্করণ (xi) চতুস্তলক সঙ্করণ (xii) ত্রিসমনতাক্ষ সঙ্করণ (xiii) কর্ণ সঙ্করণ (xiv) বন্ধন দৈর্ঘ্য (xv) বন্ধন শক্তি (xvi) সমেরু যৌগ (xvii) অমেরু যৌগ (xviii) হাইড্রোজেন বন্ধন (xix) আবেশীয় ক্রিয়া (xx) ইলেকট্রোমেরিক ক্রিয়া (xxi) সংস্পন্দন (xxii) দ্বিমেরু ভ্রামক (xxiii) সংস্পন্দন শক্তি।

2. σ বন্ধন ও π বন্ধন কাকে বলে ? এদের মধ্যে পার্থক্য কি ?

3. অমেরু যৌগ ও সমেরু যৌগ কাকে বলে ? এদের মধ্যে পার্থক্য কি ?

4. নিম্নলিখিত যৌগের মধ্যে কোনটি অমেরু যৌগ এবং কোনটি সমেরু যৌগ এবং কেন ?

   (i) CCl_4, (ii) $CHCl_3$ (iii) CO_2 (iv) CH_3Cl

5. যৌগের গঠন দিয়ে ব্যাখ্যা কর।

   (i) sp^3 সঙ্করণ (ii) sp^2 সঙ্করণ (iii) sp সঙ্করণ

6. নিম্নলিখিত যৌগদের গঠন আণবিক অরবাইটাল দিয়ে ব্যাখ্যা কর।

   (i) মিথেন (ii) ইথিলিন (iii) অ্যাসিটিলিন (iv) বেনজিন (v) ইথেন।

৫

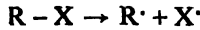
জৈব যৌগের বিক্রিয়াসমূহ
Reactions of Organic Compounds

জৈব যৌগের বিক্রিয়া বলতে আমরা বুঝবো যৌগের যোজক ভাঙ্গা এবং অন্য যোজক তৈরি করা। এই ভাঙ্গাগড়া নানাভাবে হতে পারে। যোজক ভাঙ্গতে শক্তির প্রয়োজন। সেইরকম যোজক গঠিত হলে আবার কিছু শক্তি ফিরে পাওয়া যায়। জৈব যৌগের সমযোজককে দু রকমভাবে ভাঙ্গা যেতে পারে যদি যথেষ্ট পরিমাণ শক্তির যোগান থাকে ; যা কিনা অণুটিকে সক্রিয় (Activate) করে তুলবে।

(1) সমবিভাজন (Homolysis or homolytic fission)

(2) অসমবিভাজন (Heterolysis or heterolytic fission)

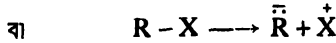
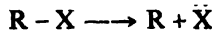
সমবিভাজন ঃ এই বিভাজনে R – X অণুর প্রত্যেকটি পরমাণু তার সমযোজকের ইলেকট্রন জোড়ের নিজের দেওয়া ইলেকট্রনকে ধরে রাখে।

$$R-X \rightarrow R^{\cdot}+X^{\cdot}$$

এতে সমযোজকের ইলেকট্রন জোড় সমমিতভাবে ভেঙ্গে যায় বলে একে সমবিভাজন বলে। এই সমবিভাজনে মুক্ত মূলকের (Free radical) উদ্ভব হয়। $R^{\cdot}$ এবং $X^{\cdot}$-কে মুক্ত মূলক বলে। মুক্ত মূলকে বেজোড় সংখ্যায় ইলেকট্রন থাকে এবং এরা সাধারণত তড়িৎ নিরপেক্ষ হয়। মুক্ত মূলকগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অত্যন্ত সক্রিয় হয়। কারণ এদের বেজোড় ইলেককট্রনটি জোড়বদ্ধ হতে চায়। বেজোড় (Unpaired) ইলেকট্রন থাকায় মুক্ত মূলকগুলি অণুচুম্বকীয় (Paramagnetic) হয় এবং এই ধর্মের সাহায্যে এদের সনাক্ত করা হয়। মুক্ত মূলকগুলি অত্যন্ত সক্রিয় হলেও কোন কোন মুক্ত মূলক সংস্পন্দনের দ্বারা কিছুটা স্থায়িত্ব লাভ করে। যৌগের বাষ্পীয় অবস্থায় সাধারণত সমবিভাজন হয় এবং আলো (অতিবেগুনি), তাপ বা জৈব পার অক্সাইডের উপস্থিতি অণুর সমবিভাজন সূচনা করে।

মুক্ত মূলকের উদাহরণ হল মিথাইল ($CH_3^{\cdot}$), ট্রাইফিনাইল মিথাইল $(C_6H_5)_3C^{\cdot}$ ইত্যাদি।

অসমবিভাজন ঃ এই বিভাজনে কোন একটি পরমাণু সমযোজকের ইলেকট্রন জোড়টি নিজের দখলে রাখে।

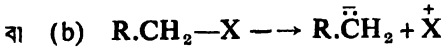
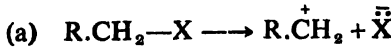
$$R-X \longrightarrow R + \ddot{X}$$

বা $$R-X \longrightarrow \bar{\ddot{R}} + \overset{+}{X}$$

এই বিভাজনে যে পরমাণু ইলেকট্রন জোড়টি নিজের দখলে রাখে তার কক্ষে একটি বাড়তি ইলেকট্রন থাকায় এটি (–) আধানে আহিত হবে। পক্ষান্তরে অপর পরমাণুর কক্ষে একটি ইলেকট্রন ঘাটতি হয় বলে এটি (+) আধানে আহিত হয়। অসমবিভাজনে ক্যাটায়ন (Cation) ও অ্যানায়ন (Anion) উৎপন্ন হয়।

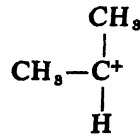
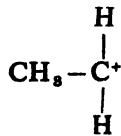
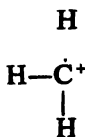
সমেরু দ্রাবকের (Polar solvent) উপস্থিতিতে সমেরু জৈব যৌগের (Polar organic compound) অসমবিভাজন হয়।

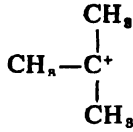
এখন কোন একটি জৈব যৌগের মনে করি RCH_2X নিম্নলিখিতভাবে অসমবিভাজন হতে পারে।

(a) $$R.CH_2—X \longrightarrow R.\overset{+}{C}H_2 + \bar{\ddot{X}}$$

বা (b) $$R.CH_2—X \longrightarrow R.\bar{\ddot{C}}H_2 + \overset{+}{X}$$

কোন জৈব মূলকে যদি কোন কার্বন পরমাণু (+) আধান বহন করে তবে সেই মূলককে কার্বোনিয়াম আয়ন (Carbonium ion) বলে।

আর কোন জৈব মূলকে যদি কোন কার্বন পরমাণু (–) আধান বহন করে তবে সেই মূলককে কার্বানিয়ন আয়ন বলে।

কার্বোনিয়াম আয়নের নামকরণ করতে অ্যালকাইল মূলকের নামের পর কার্বোনিয়াম আয়ন যোগ করে করা হয়। তিনরকম কার্বোনিয়াম আয়ন হতে পারে—যেমন প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক এবং তৃতীয়ক।

$H-\overset{H}{\underset{H}{C^+}}$	$CH_3-\overset{H}{\underset{H}{C^+}}$	$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{H}{C^+}}$
মিথাইল কার্বোনিয়াম আয়ন (প্রাথমিক)	ইথাইল কার্বোনিয়াম আয়ন (প্রাথমিক)	আইসোপ্রোপাইল কার্বোনিয়াম আয়ন (দ্বিতীয়ক)

$$CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C^+}}}}$$

টারবিউটাইল কার্বোনিয়াম আয়ন
তৃতীয়ক

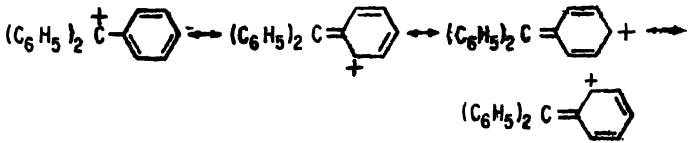
$R\overset{+}{C}H_2$,	$RR_1\dot{C}H$	$RR_1R_2\overset{+}{C}$
প্রাথমিক	দ্বিতীয়ক	তৃতীয়ক

কার্বোনিয়াম আয়নের গঠন বিন্যাস sp^2 সঙ্করণের দ্বারা হয়। অর্থাৎ (+) আধানে আহিত কার্বন পরমাণু অপর তিনটি পরমাণু বা মূলকের সঙ্গে অভিন্ন তলে থাকে এবং কোণের পরিমাণ 120° হয়।

$$-\overset{+}{C}\lt$$

আবেশীয় ক্রিয়া বা সংস্পন্দনের সাহায্যে কার্বোনিয়াম আয়ন অনেক সময় স্থায়িত্ব লাভ করে, যেমন টারবিউটাইল কার্বোনিয়াম আয়নে ইলেকট্রন বিকর্ষী তিনটি মিথাইল মূলক থাকায় এটি ইথাইল বা আইসোপ্রোপাইল কার্বোনিয়াম আয়নের থেকে বেশি স্থায়ী।

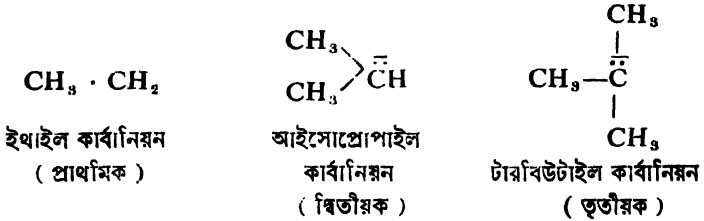
আবার ট্রাইফিনাইল মিথাইল কার্বোনিয়াম আয়নটি সংস্পন্দনের সাহায্যে স্থায়িত্ব লাভ করে। অপর দুটি ফিনাইল মূলকেও সংস্পন্দন হবে।

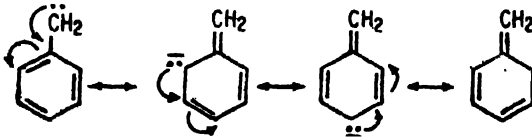
$$(C_6H_5)_2\overset{+}{C}-C_6H_5 \longleftrightarrow (C_6H_5)_2C=C_6H_5^{+} \longleftrightarrow (C_6H_5)_2C=C_6H_5^{+} \longleftrightarrow (C_6H_5)_2C=C_6H_5^{+}$$

যে বিকারকগুলি ইলেকট্রন জোড় দিতে পারে তারা কার্বোনিয়াম মূলকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। এদের নিউক্লিয়োফিলিক বিকারক বলে।

কার্বানিয়নগুলিকে নামকরণ করতে অ্যালকাইল মূলকের শেষে কার্বানিয়ন বসিয়ে করা হয়। কার্বানিয়নে তিনটি σ যোজক এবং এক জোড়া ইলেকট্রন কার্বনে থাকে। ফলে কার্বন পরমাণুটি (−) আধান পায়। যে বিকারকগুলি ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করতে পারে তার কার্বানিয়নের সঙ্গে সহজেই বিক্রিয়া করতে পারে। যে বিকারকগুলি

ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করে কোন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় তাদের ইলেক্ট্রোফিলিক বিকারক বলে।

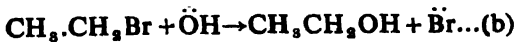
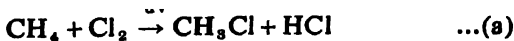
প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক এই তিন প্রকার কার্বানিয়ন আয়ন হতে পারে। যেমন—

$CH_3 \cdot \overset{-}{C}H_2$	$(CH_3)_2\overset{-}{C}H$	$(CH_3)_3\overset{-}{C}$
ইথাইল কার্বানিয়ন (প্রাথমিক)	আইসোপ্রোপাইল কার্বানিয়ন (দ্বিতীয়ক)	টারবিউটাইল কার্বানিয়ন (তৃতীয়ক)

কার্বানিয়নগুলি অনেক সময় সংস্পন্দনের সাহায্যে স্থায়িত্ব লাভ করে।

$$C_6H_5\ddot{C}H_2 \longleftrightarrow \cdots \longleftrightarrow \cdots \longleftrightarrow \cdots$$

জৈবক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ : মোটামুটি চার ধরনের জৈব বিক্রিয়া হয়— (i) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution reaction) (ii) যুতযৌগ বিক্রিয়া বা যোগশীল বিক্রিয়া (Addition reaction) (iii) অপনয়ন বিক্রিয়া (Elimination reaction) (iv) পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া (Rearrangement reaction)।

(i) **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া :** জৈব যৌগের কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত পরমাণু বা মূলক অন্য কোন পরমাণু বা মূলক দিয়ে স্থানচ্যুত হয়ে যে বিক্রিয়া করে তাকে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বলে।

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl \quad \ldots(a)$$

$$CH_3.CH_2Br + \ddot{O}H \rightarrow CH_3CH_2OH + \ddot{B}r \ldots(b)$$

(a) বিক্রিয়ায় মিথেনের একটি হাইড্রোজেন একটি ক্লোরিন পরমাণু দিয়ে স্থানচ্যুত হয়েছে এবং (b) বিক্রিয়ায় ব্রোমিন পরমাণুটি হাইড্রক্সিল মূলক দিয়ে স্থানচ্যুত হয়েছে।

(a) বিক্রিয়াটিতে মুক্তমূলক ক্রিয়াবিধি (Mechanism) কাজ করে, যেমন ক্লোরিন অণু অতিবেগুনি আলোর প্রভাবে ভেঙ্গে ক্লোরিন মুক্ত মূলকে ($Cl^{\cdot}$) পরিণত হয়। এই মুক্ত মূলকটি নিম্নলিখিতভাবে মিথেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে।

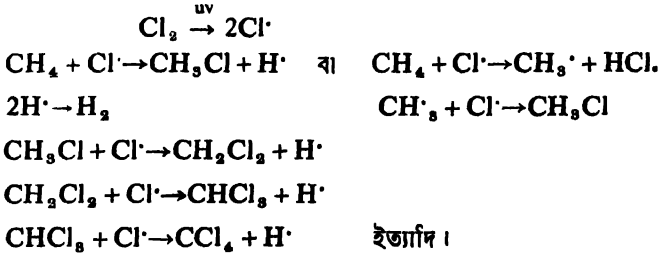
$$Cl_2 \xrightarrow{uv} 2Cl^{\cdot}$$

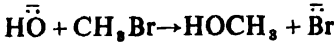
$CH_4 + Cl^{\cdot} \rightarrow CH_3Cl + H^{\cdot}$ বা $CH_4 + Cl^{\cdot} \rightarrow CH_3^{\cdot} + HCl.$

$2H^{\cdot} \rightarrow H_2$ $\quad$ $CH^{\cdot}_3 + Cl^{\cdot} \rightarrow CH_3Cl$

$CH_3Cl + Cl^{\cdot} \rightarrow CH_2Cl_2 + H^{\cdot}$

$CH_2Cl_2 + Cl^{\cdot} \rightarrow CHCl_3 + H^{\cdot}$

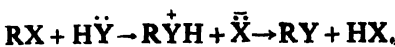
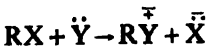
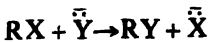
$CHCl_3 + Cl^{\cdot} \rightarrow CCl_4 + H^{\cdot}$ ইত্যাদি।

অ্যালকাইল জাতকসমূহের নিউক্লিয়োফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Nucleophilic displacement reaction) আয়নিক বা সমেরু বিক্রিয়া (Ionic or polar reaction) হয়। এতে ইলেকট্রন জোড় দান করতে পারে এমন বিকারক, যাকে নিউক্লিয়োফিলিক বিকারক বা নিউক্লিয়োফাইল বলে, তা জৈব যৌগের কার্বনকে আক্রমণ করে। এই ধরনের বিক্রিয়ার উদাহরণ হল হাইড্রক্সিল মূলক দ্বারা মিথাইল ব্রোমাইডের ব্রোমিনকে প্রতিস্থাপিত করা।

$$H\bar{\ddot{O}} + CH_3Br \rightarrow HOCH_3 + \bar{\ddot{B}}r$$

এই নতুন গঠিত C – O যোজকের ইলেকট্রন জোড়টি OH′ মূলক দান করেছে এবং C – Br যোজকের ইলেকট্রন জোড়টি অপসৃত $\bar{\ddot{B}}r$ আয়ন সঙ্গে করে নিয়ে যায়। এই ধরনের বিক্রিয়াকে সংক্ষেপে S_N বিক্রিয়া বলে। S মানে substitution (প্রতিস্থাপন), N মানে nucleophilic (নিউক্লিয়োফিলিক)। OH′ আয়ন এখানে নিউক্লিয়োফাইল (Nucleophile)।

নিউক্লিয়োফাইলগুলি অ্যানায়ন $\bar{\ddot{Y}}$ বা প্রশমিত অণু (Neutral molecule) $\ddot{Y}$ বা $H\ddot{Y}$ হতে পারে।

$$RX + \bar{\ddot{Y}} \rightarrow RY + \bar{\ddot{X}}$$

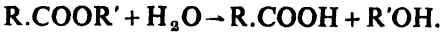
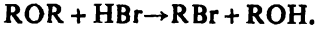
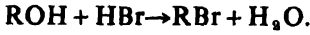
$$RX + \ddot{Y} \rightarrow R\overset{+}{Y} + \bar{\ddot{X}}$$

$$RX + H\ddot{Y} \rightarrow R\overset{+}{Y}H + \bar{\ddot{X}} \rightarrow RY + HX.$$

নিউক্লিয়োফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া কেবলমাত্র অ্যালকাইল হ্যালাইডের ক্ষেত্রেই সীমাবদ্ধ তা নয়, অন্যান্য অ্যালকাইল জাতক যেমন কোহল, ইথার এস্টার, ডাই-অ্যাজো ইত্যাদি ক্ষেত্রেও দেখা যায়।

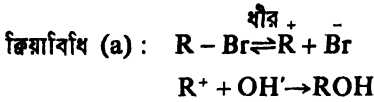
$$ROH + HBr \rightarrow RBr + H_2O.$$

$$ROR + HBr \rightarrow RBr + ROH.$$

$$R.COOR' + H_2O \rightarrow R.COOH + R'OH.$$

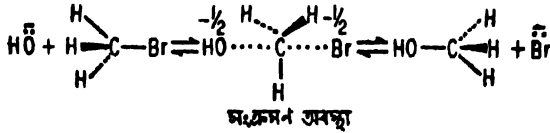
$$RN_2^+ + H_2O \rightarrow ROH + N_2 + H^+.$$

S_N বিক্রিয়ার ক্রিয়াবিধি দুরকম হতে পারে যা কিনা বিক্রিয়কের (Substrate) গঠন ও বিক্রিয়ার অবস্থার উপর নির্ভর করে। যেমন S_{N_1} এবং S_{N_2}। S_{N_1} এবং S_{N_2} বিক্রিয়া বিকারক ও বিক্রিয়কের মধ্যে যোজক গঠন ও যোজক ভাঙ্গা প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

ক্রিয়াবিধি (a) : $R - Br \overset{\text{ধীর}}{\rightleftharpoons} \overset{+}{R} + \overset{-}{Br}$

$$R^+ + OH' \rightarrow ROH$$

ক্রিয়াবিধি (b) : এই ক্রিয়াবিধিতে বিক্রিয়াটি একটি ধাপে (Step) সংঘটিত হয়। এখানে হাইড্রক্সিল মূলক কার্বনে আক্রমণ এবং কার্বন থেকে ব্রোমিন ব্রোমাইড আয়ন হিসেবে অপসারণ একই সঙ্গে সংঘটিত হয় এবং এর বিক্রিয়াটি অত্যন্ত ধীরে সংঘটিত হয়। অ্যালকাইল ব্রোমাইডে ব্রোমিন অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক হওয়ার দরুন ব্রোমিন পরমাণুতে $\delta -$ আধান এবং কার্বনে $\delta +$ আধান আবেশীয় ক্রিয়ার দরুন সৃষ্টি হয়। এখন ধনাত্মক আধানযুক্ত কেন্দ্রকে হাইড্রোক্সিল মূলক আক্রমণ করতে এগিয়ে আসবে এবং OH' মূলক যত এগিয়ে আসবে তত ব্রোমিন পরমাণু C – Br যোজকের ইলেকট্রন জোড়কে নিয়ে অপসৃত হবে। এইভাবে এমন একটা সময় আসবে যেখানে HO ও কার্বনের মধ্যে আংশিক যোজক এবং কার্বন ও ব্রোমিনের মধ্যে আংশিক যোজকের শক্তির মাত্রা সমান হবে, তখন সেই অবস্থাকে 'সংক্রমণ অবস্থা' (Transition state) বলে। C – Br যোজককে ভাঙ্গতে যে শক্তির প্রয়োজন তা C – OH যোজক গঠন থেকে কিছুটা পাওয়া যায়। এও দেখা গেছে যে, কার্বনের যে পাশে ব্রোমিন আছে তার বিপরীত দিক থেকে একই সরলরেখায় হাইড্রক্সিল মূলক আক্রমণ করলে শক্তি সবচেয়ে কম প্রয়োজন হয়।

সংক্রমণ অবস্থা থেকে ব্রোমিন ব্রোমাইড আয়ন হিসেবে চলে গেলে HO ও কার্বন পরমাণুর মধ্যে পূর্ণ যোজক সৃষ্টি হয় এবং প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া হয়।

এখন আমরা জানি যে, কোন বিক্রিয়ার ধীরতম (Slowest) ধাপটি হবে বিক্রিয়াটির গতি নির্ণায়ক ধাপ এবং গতি নির্ণায়ক ধাপে যত প্রকার পদার্থ (Species)

$$H\ddot{O} + H_3C{-}Br \rightleftharpoons \overset{-\frac{1}{2}}{HO}\cdots\cdots CH_3\cdots\cdots \overset{-\frac{1}{2}}{Br} \rightleftharpoons HO{-}CH_3 + \ddot{B}r$$

সংক্রমণ অবস্থা

অংশ গ্রহণ করে সেই সংখ্যাটি হবে ঐ বিক্রিয়ার আণবিকতা (Molecularity)।

(a) বিক্রিয়ার ধীরতম ধাপটি হল কার্বোনিয়াম আয়ন গঠন এবং এই ধাপে কেবলমাত্র একটি পদার্থ অংশ গ্রহণ করে। অতএব (a) বিক্রিয়াটির আণবিকতা হবে এক এবং এই প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াটিকে বলা হবে S_{Ni} বিক্রিয়া।

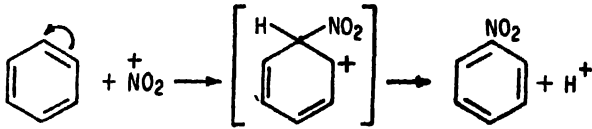
(b) ধাপের ধীরতম ধাপটি হল সংক্রমণ অবস্থাটি (Transition state) এবং এই ধাপে দুটি পদার্থ অ্যালকাইল হ্যালাইড ও হাইড্রক্সিল আয়ন দুটি পদার্থ অংশ গ্রহণ করে। অতএব (b) বিক্রিয়াটির আণবিকতা হবে দুই এবং বিক্রিয়াটিকে বলা হবে S_{N_2} বিক্রিয়া।

S_{N_2} বিক্রিয়ায় নিউক্লিয়োফাইল সব সময় বিক্রিয়কের পেছন দিক থেকে আক্রমণ করবে। ফলে উৎপন্ন যৌগটির গঠন বিন্যাস উল্টে যাবে। অর্থাৎ ইনভারসান (Inversion) হবে। কিন্তু S_{N_1} বিক্রিয়ায় কার্বোনিয়াম আয়ন প্রথম গঠিত হয় এবং কার্বোনিয়াম আয়নের পরমাণু বা মূলকগুলি কার্বন [যাতে (+) আধান থাকে] পরমাণুর সঙ্গে সমতলে থাকে অর্থাৎ sp^2 সঙ্করণ অবস্থায় থাকে। এতে নিউক্লিয়ো-ফাইল ঐ তলের যে কোন দিক থেকে কার্বোনিয়াম আয়নকে আক্রমণ করতে পারে। উৎপন্ন পদার্থের গঠন বিন্যাস কিছু অণুর ক্ষেত্রে ঠিক (Retention) থাকবে এবং কিছু অণুর ক্ষেত্রে উল্টে যাবে।

যে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় দ্রাবকই নিউক্লিয়োফাইলের মত কাজ করে সেই বিক্রিয়াকে সল্‌ভোলিসিস (Solvolysis) বিক্রিয়া বলে। জল, কোহল, ফরমিক, অ্যাসিটিক অ্যাসিড সল্‌ভোলিসিস বিক্রিয়া করে।

ইলেকট্রোফিলিক বিক্রিয়া ঃ ইলেকট্রোফিলিক বিকারক বা ইলেকট্রো-ফাইল (Electrophile) বিক্রিয়কের এমন অংশে আক্রমণ করবে যেখানে ইলেকট্রনের ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি। যেমন,

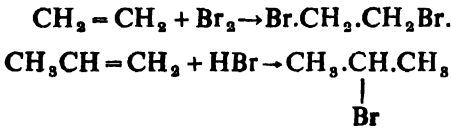
$$HNO_3 + 2H_2SO_4 = NO_2^+ + H_3O^+ + 2HSO_4'$$

$$C_6H_6 + \overset{+}{N}O_2 \longrightarrow \left[C_6H_6(H)(NO_2)^{+} \right] \longrightarrow C_6H_5NO_2 + H^{+}$$

অ্যারোম্যাটিক অংশে বিশদভাবে আলোচনা থাকবে।

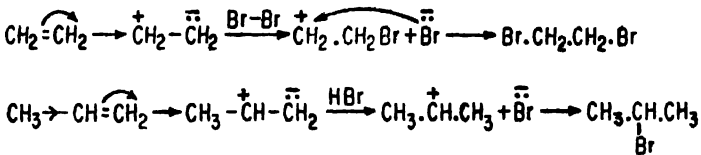
যে বিকারক ইলেকট্রন জোড়কে গ্রহণ করতে পারে তাদের ইলেকট্রোফাইল বলে।

যুতযৌগ বিক্রিয়া বা যোগশীল বিক্রিয়া : দুটি পদার্থের মধ্যে বিক্রিয়ায় যদি একটি মাত্র উৎপন্ন বস্তু পাওয়া যায় বা উৎপন্ন পদার্থে বিক্রিয়ক সমূহের কোন অংশই যদি বাদ না পড়ে তবে সেই বিক্রিয়াকে যুতযৌগ বিক্রিয়া বা যোগশীল বিক্রিয়া বলে এবং উৎপন্ন যৌগকে যুতযৌগ বা যোগশীল যৌগ (Additive compound) বলে। উদাহরণ :

$$CH_2 = CH_2 + Br_2 \rightarrow Br.CH_2.CH_2Br.$$

$$CH_3CH = CH_2 + HBr \rightarrow CH_3.\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}.CH_3$$

এখানে বিকারকের প্রয়োজনে অসম্পৃক্ত যৌগের ইলেক্ট্রোমেরিক পরিবর্তন হয় এবং পরে বিকারক নিম্নলিখিতভাবে যুক্ত হয়। বিক্রিয়কের আবেশীয় ক্রিয়ার দরুন কোন দিকে যুতযৌগ বিক্রিয়া ঘটবে তা অনেকখানি নিয়ন্ত্রণ করে।

$$CH_2 = CH_2 \longrightarrow \overset{+}{C}H_2 - \overset{..}{C}H_2 \xrightarrow{Br-Br} \overset{+}{C}H_2.CH_2Br + \overset{..}{Br} \longrightarrow Br.CH_2.CH_2.Br$$

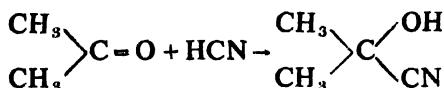
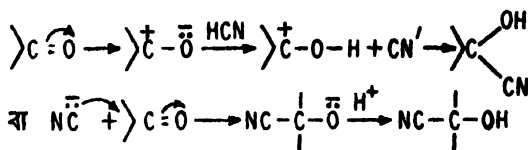
$$CH_3 \rightarrow CH = CH_2 \longrightarrow CH_3 - \overset{+}{C}H - \overset{..}{C}H_2 \xrightarrow{HBr} CH_3.\overset{+}{C}H.CH_3 + \overset{..}{Br} \longrightarrow CH_3.\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}.CH_3$$

মিথাইল মূলক ইলেকট্রন বিকর্ষী মূলক বলে উপরোক্তভাবে ইলেক্ট্রোমেরিক পরিবর্তন হবে। ফলে উপরোক্তভাবে যুতযৌগ বিক্রিয়া ঘটবে। আর এর থেকে মার্কোনিকফের সূত্রের ব্যাখ্যা মেলে। [যুতযৌগ বিক্রিয়ায় যুতযৌগ বিকারকের ঋণাত্মক অংশটি এমন কার্বনে সংযুক্ত হবে যাতে সবচেয়ে কম সংখ্যায় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। একে মার্কোনিকফের সূত্র বলে।]

অলিফিন যোগ ছাড়াও অন্যান্য যোগের যুতযোগ বিক্রিয়া হতে পারে। যেমন কার্বনিল যৌগের সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াটি।

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\rangle C=O+HCN\rightarrow\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\rangle C\langle\begin{matrix}OH\\CN\end{matrix}$$

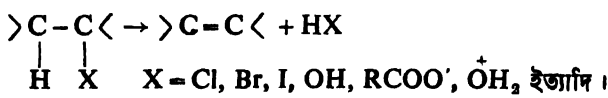
ক্রিয়াবিধি হবে,

$$\rangle C=\ddot{O}\longrightarrow\rangle\overset{+}{C}-\overset{-}{\ddot{O}}\xrightarrow{HCN}\rangle\overset{+}{C}-O-H+CN'\longrightarrow\rangle C\langle\begin{matrix}OH\\CN\end{matrix}$$

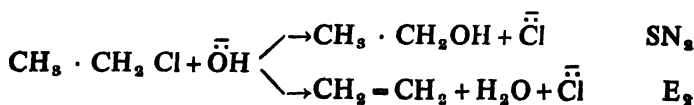
$$\text{বা}\quad N\overset{-}{\ddot{C}}+\rangle C=\ddot{O}\longrightarrow NC-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{-}{\ddot{O}}\xrightarrow{H^+}NC-\overset{|}{\underset{|}{C}}-OH$$

এই ধরনের যুতযোগ বিক্রিয়াকে নিউক্লিয়োফিলিক যুতযোগ বিক্রিয়া বলে।

(iii) **অপনয়ন বিক্রিয়া ঃ** অলিফিন যৌগের দ্বিবন্ধে যুতযোগ বিক্রিয়ার বিপরীত হবে অপনয়ন বিক্রিয়া। উপযুক্ত অবস্থায় অ্যালকাইল জাতক থেকে HX বেরিয়ে গিয়ে অপনয়ন বিক্রিয়া ঘটায়। যেখানে $X=OH'$, হ্যালাইড, এস্টার বা অম্মোনিয়াম মূলক হতে পারে এবং X যে কার্বনে যুক্ত তার ঠিক পাশের কার্বনের হাইড্রোজেনটি হবে HX-এর হাইড্রোজেন।

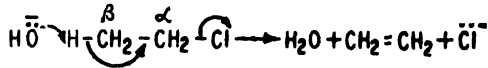
$$\rangle\underset{H}{\underset{|}{C}}-\underset{X}{\underset{|}{C}}\langle\rightarrow\rangle C=C\langle+HX$$

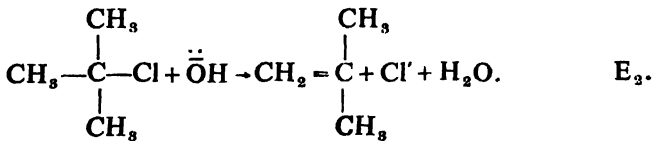
$X=Cl, Br, I, OH, RCOO', \overset{+}{O}H_2$ ইত্যাদি।

প্রতিস্থাপন ও অপনয়ন বিক্রিয়া একই সঙ্গে অ্যালকাইল জাতকে সংঘটিত হয় এবং বিক্রিয়ার অবস্থার উপর নির্ভর করবে কোন বিক্রিয়াটি অধিক সংঘটিত হবে। অপনয়ন ও প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার ক্রিয়াবিধি প্রায় একই ধরনের।

ইথাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে কস্টিক সোডার বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় ইথানল উৎপন্ন হবে এবং অপনয়ন বিক্রিয়ায় ইথিলিন উৎপন্ন হবে।

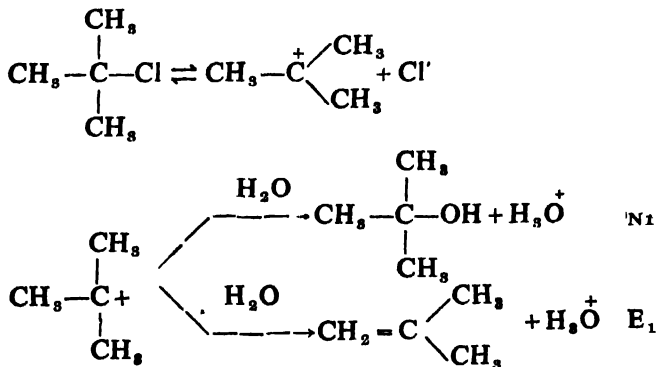
$$CH_3\cdot CH_2Cl+\overset{-}{\ddot{O}}H\begin{cases}\rightarrow CH_3\cdot CH_2OH+\overset{-}{\ddot{C}}l & SN_2\\\rightarrow CH_2=CH_2+H_2O+\overset{-}{\ddot{C}}l & E_2\end{cases}$$

এই প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার হার যেমন ইথাইল ক্লোরাইড ও হাইড্রক্সিল আয়নের উপর নির্ভর করে, তেমন এই অপনয়ন বিক্রিয়ার হারও ইথাইল ক্লোরাইড ও হাইড্রক্সিল আয়নের উপর নির্ভর করে। যেমন এই প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াটির আণবিকতা দুই বা

বিক্রিয়াটি S_{N2}, তেমনি এই অপনয়নটির আণবিকতা দুই বা বিক্রিয়াটিকে E_2 বলা হয়। এই অপনয়ন বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সিল আয়নটি β কার্বন পরমাণুতে সংযুক্ত হাইড্রোজেনকে প্রোটন হিসেবে অপসারণ করে।

$$H\ddot{\bar{O}}^{\cdot\cdot} \; H-\overset{\beta}{C}H_2-\overset{\alpha}{C}H_2-Cl \longrightarrow H_2O + CH_2=CH_2 + \ddot{Cl}^-$$

টারসিয়ারি অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে কস্টিক সোডার বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার থেকে অপনয়ন বিক্রিয়া সহজে সংঘটিত হয়। কারণ অ্যালকাইল হ্যালাইডের গঠন বিন্যাসের উপর S_{N2} বিক্রিয়া বিশেষভাবে নির্ভর করে, কিন্তু E_2 বিক্রিয়া তেমন নির্ভর করে না।

$$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-Cl + \ddot{\bar{O}}H \rightarrow CH_2=\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}} + Cl' + H_2O. \qquad E_2.$$

টারবিউটাইল হ্যালাইডকে জলীয় ইথানল দিয়ে বিক্রিয়া করালে S_{N1} বিক্রিয়ায় টারবিউটাইল কোহল উৎপন্ন হলেও কিছুটা আইসোবিউটিলিনও গঠিত হবে E_1 বিক্রিয়া দিয়ে।

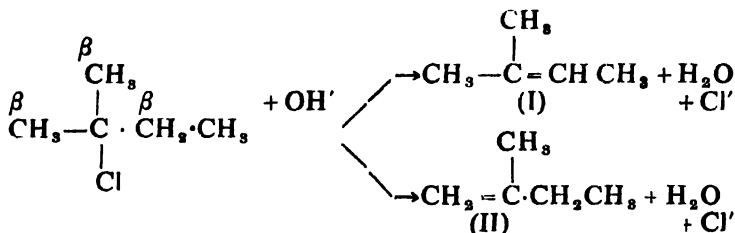
$$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-Cl \rightleftharpoons CH_3-\overset{+}{C}\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} + Cl'$$

$$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}+ \begin{cases} \xrightarrow{H_2O} CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-OH + H_3\overset{+}{O} & S_{N1} \\ \xrightarrow{H_2O} CH_2=C\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} + H_3\overset{+}{O} & E_1 \end{cases}$$

এই বিক্রিয়াতে বিক্রিয়ার গতির হার টারবিউটাইল কার্বোনিয়াম আয়ন গঠনের উপর নির্ভর করে। যা কিনা একটি মাত্র পদার্থের [$(CH_3)_3CCl$] উপর নির্ভর করে। সুতরাং প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া হলে হবে S_{N1} এবং অপনয়ন বিক্রিয়া হলে হবে E_1।

অনেক সময় এমন অ্যালকাইল হ্যালাইড হতে পারে যার একাধিক β কার্বন থাকতে পারে। সে ক্ষেত্রে যে কোন β কার্বন থেকে প্রোটন অপনয়ন হতে পারে এবং

একাধিক সমাবয়ব অলিফিন উৎপন্ন হতে পারে। তবে এই সব ক্ষেত্রে সেই অলিফিন সমাবয়বটি অধিক পরিমাণে হবে যেটি অধিক সংখ্যায় অ্যালকাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত থাকবে। একে সেটজেফ নিয়ম (Saytzeff's rule) বলে।

$$CH_3-\overset{\overset{\beta}{CH_3}|}{\underset{|\,Cl}{C}}\cdot CH_2\cdot CH_3 + OH' \longrightarrow \begin{cases} CH_3-\overset{CH_3|}{C}=CH\,CH_3 + H_2O + Cl' & \text{(I)} \\ CH_2=\overset{CH_3|}{C}\cdot CH_2CH_3 + H_2O + Cl' & \text{(II)} \end{cases}$$

(বাম দিকের যৌগে তিনটি β কার্বন চিহ্নিত: দুটি CH_3 ও CH_2)

II-এর থেকে I নং যৌগটি অধিক পরিমাণে প্রতিস্থাপিত যৌগ, অতএব I নং যৌগটি পরিমাণে বেশি উৎপন্ন হবে।

পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া : যে বিক্রিয়ার দ্বারা কোন যৌগের কোন পরমাণু বা মূলক যে কার্বনে যুক্ত আছে সেই স্থান থেকে যৌগের অন্য কোন পরমাণুতে চলে গিয়ে যে নতুন যৌগের সৃষ্টি করে সেই বিক্রিয়াকে পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া বলে। পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া অনেক ধরনের হতে পারে, যেমন পিনাকল, পিনাকোলন (Pinacol, Pinacolone) বিক্রিয়া, কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া, ফ্রাইস বিক্রিয়া (Fries rearrangement), অ্যালাইলিক পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া (Allylic rearrangement), বেনজিডিন সেমিডিন পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া (Benzidine semidine rearrangement) ইত্যাদি। এদের প্রত্যেককে যথাস্থানে আলোচনা করা হবে।

এছাড়াও নানা ধরনের বিক্রিয়া জৈব রসায়নে আছে। যেমন জারণ বিক্রিয়া (Oxidation reaction), বিজারণ (Reduction) বিক্রিয়া, সংঘনন (Condensation) বিক্রিয়া, বহুলীভবন বা বহুলীভূত (Polymerisation) বিক্রিয়া ইত্যাদি আছে। যাদের যথাস্থানে আলোচনা করা আছে।

প্রশ্নাবলী

1. সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর :

(i) সমবিভাজন (ii) অসমবিভাজন (iii) অণুচুম্বকীয় (iv) কর্বোনিয়াম আয়ন (v) কার্বানিয়ন আয়ন (vi) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (vii) যুতযোগ

বিক্রিয়া (viii) অপনয়ন বিক্রিয়া (ix) পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া (x) S_{N1} (xi) S_{N2} (xii) ইলেক্ট্রোফিলিক বিক্রিয়া (xiii) E_1 (xiv) E_2 (xv) সেটজেফ নিয়ম।

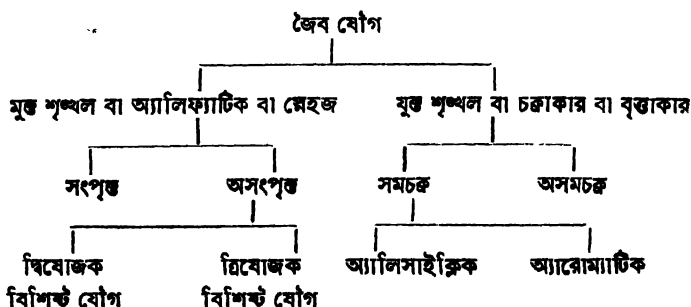
2. ক্লোরিনের সঙ্গে মিথেনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার ক্রিয়াবিধি আলোচনা কর।
3. ব্রোমিনের সঙ্গে ইথিলিনের যুতযোগ বিক্রিয়ার ক্রিয়াবিধি আলোচনা কর।
4. নিউক্লিয়োফিলিক ও ইলেক্ট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার আলোচনা কর।
5. কার্বোনিয়াম ও কার্বানিয়ন আয়নের মধ্যে পার্থক্য আলোচনা কর।

৬

জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ ও নামকরণ
Classification & Nomenclature of Organic Compounds

বর্তমানে জৈব রসায়ন একটা বিশাল ব্যাপার। কারণ জৈব যৌগের সংখ্যা সুপ্রচুর। তাই জৈব যৌগের পঠন-পাঠন সহজতর করার জন্য জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ করা হয়েছে। সাধারণত জৈব যৌগের গঠন ও ধর্মের উপর ভিত্তি করে শ্রেণীবিভাগ করা হয়ে থাকে।

জৈব যৌগকে সাধারণত দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়ে থাকে—একটি মুক্ত শৃঙ্খল (Open chain) এবং অপরটি যুক্ত শৃঙ্খল বা চক্রাকার বা বৃত্তাকার (Closed chain or ring compounds)। যে জৈব যৌগের কার্বন পরমাণুগুলি বা কার্বন পরমাণুর সঙ্গে অন্য মৌলের পরমাণুগুলি সারবন্দী অবস্থায় এবং প্রান্তিক (End) পরমাণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত থাকবে না, সেই সমস্ত যৌগকে মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ বলে। এই সকল যৌগকে স্নেহজ বা অ্যালিফ্যাটিক (Aliphatic) যৌগ বলে। উদাহরণ মিথেন, ইথেন, প্রোপেন, হেক্সেন, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, ইথার, কোহল ইত্যাদি।

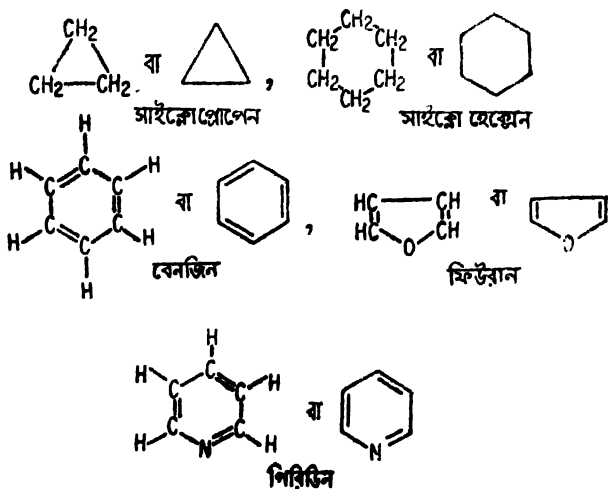
মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ সংপৃক্ত এবং অসংপৃক্ত শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যে মুক্ত শৃঙ্খল যৌগে দ্বিযোজক বা ত্রিযোজক নেই, তাদের সংপৃক্ত মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ বলে। যে মুক্ত শৃঙ্খল যৌগে দ্বিযোজক বা ত্রিযোজক আছে, তাদের অসংপৃক্ত যৌগ বলে। মিথেন, ইথেন, প্রোপেন, ইথানল ইত্যাদি মুক্ত শৃঙ্খল সংপৃক্ত যৌগ এবং ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, বিউটাডাইইন অসংপৃক্ত যৌগ। ইথিলিন দ্বিযোজক বিশিষ্ট অসংপৃক্ত যৌগ এবং অ্যাসিটিলিন ত্রিযোজক বিশিষ্ট অসংপৃক্ত যৌগ।

আবার যে জৈব যৌগের কার্বন পরমাণুগুলি বা কার্বন পরমাণুর সঙ্গে অন্য মৌলের পরমাণুগুলি সারবন্দী অবস্থায় থাকলেও প্রান্তীয় পরমাণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত থাকে তাকে যুক্ত শৃঙ্খল বা চক্রাকার বা বৃত্তাকার যৌগ বলে। চক্রাকার যৌগকে আবার— (i) সমচক্র (Homocyclic) (ii) অসমচক্র (Heterocyclic) শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যে চক্রাকার যৌগের বৃত্ত কেবলমাত্র একই ধরনের পরমাণু (এ ক্ষেত্রে কার্বন) দিয়ে গঠিত তাকে সমচক্র যৌগ এবং যে চক্রাকার যৌগের বৃত্ত কার্বন ছাড়াও অন্য পরমাণু দিয়ে গঠিত তাকে অসমচক্র (Heterocyclic) যৌগ বলে। যেমন— সাইক্লোপ্রোপেন, সাইক্লোহেক্সেন, বেনজিন ইত্যাদি সমচক্র যৌগ এবং পিরিডিন, পাইরোল ইত্যাদি অসমচক্র যৌগ।

সাইক্লোপ্রোপেন

সাইক্লো হেক্সেন

বেনজিন

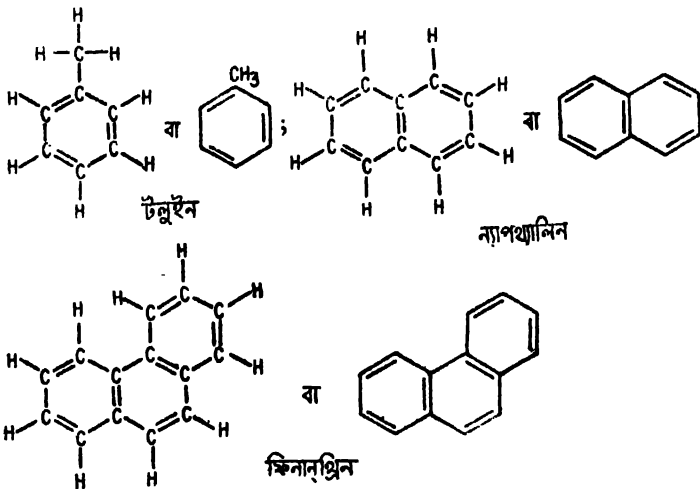
ফিউরান

পিরিডিন

সমচক্র যৌগকে অ্যালিসাইক্লিক (Alicyclic) এবং অ্যারোম্যাটিক (Aromatic) শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। তিন বা তার অধিক কার্বন পরমাণু দিয়ে গঠিত চক্রাকার যৌগ, যাতে কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বিযোজক বা ত্রিযোজক থাকতেও পারে আবার নাও থাকতে পারে এবং এই সকল যৌগ স্নেহজ বা অ্যালিফ্যাটিক যৌগের ন্যায় আচরণ করে তাদের অ্যালিসাইক্লিক যৌগ বলে। যেমন—সাইক্লোপ্রোপেন, সাইক্লোহেক্সেন ইত্যাদি। যে সমচক্র যৌগের বৃত্তে কমপক্ষে একটি বেনজিন চক্র (অর্থাৎ ছয়টি কার্বন পরমাণু দিয়ে গঠিত বৃত্তাকার যৌগ এবং কার্বন পরমাণুগুলি পরপর দ্বি-যোজক এবং একযোজক দিয়ে একে অন্যের সঙ্গে যুক্ত) আছে তাকে অ্যারোম্যাটিক

যৌগ বলে। অ্যারোম্যাটিক যৌগে কমপক্ষে ছয়টি কার্বন পরমাণু থাকবে। বেনজিন, টলুইন, ন্যাপথালিন, ফিনানথ্রিন ইত্যাদি অ্যারোম্যাটিক যৌগের উদাহরণ।

টলুইন

ন্যাপথ্যালিন

ফিনানথ্রিন

জৈব যৌগের মধ্যে হাইড্রোকার্বন যৌগগুলিই মূল যৌগ বলে গণ্য করা হয়। যে জৈব যৌগ কেবলমাত্র কার্বন এবং হাইড্রোজেন দিয়ে গঠিত তাকে হাইড্রোকার্বন বলে। এই হাইড্রোকার্বন যৌগের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন অপর কোন মৌলের পরমাণু বা মূলক (X) দিয়ে প্রতিস্থাপিত করে বিভিন্ন জৈব যৌগ পাওয়া যায়। এই 'X' অংশ বা মূলক ব্যতীত জৈব যৌগের অবশিষ্টাংশ যা কার্বন ও হাইড্রোজেন দিয়ে গঠিত, তাকে জৈব মূলক (Organic radical) বলে।

মুক্ত শৃঙ্খল সংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন যৌগকে প্যারাফিন (Paraffin) বা অ্যালকেন (Alkane) বলে। অ্যালকেন সমূহের সাধারণ সংকেত হবে C_nH_{2n+2}। এখন এই অ্যালকেনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে অপসারিত করলে এটি $[C_nH_{2n+1}]$ একযোজী (Univalent) মূলকের ন্যায় আচরণ করবে। অ্যালকেনের (Alkane) নামের শেষ অংশ এন (ane)-এর পরিবর্তে আইল (yl) বসিয়ে এই মূলকের নামকরণ অ্যালকাইল (Alkyl) করা হয়। যেমন মিথেনের (Methane) (CH_4) একটি হাইড্রোজেনকে অপসারিত করে CH'_3 (একযোজী) যে মূলক পাওয়া যাবে তাকে মিথাইল (Methyl) মূলক বলে। মিথেন অণুর চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর যে কোন একটিকে অপসারিত করলে একই প্রকার অ্যালকাইল মূলক পাওয়া যায় অর্থাৎ

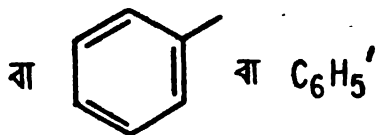
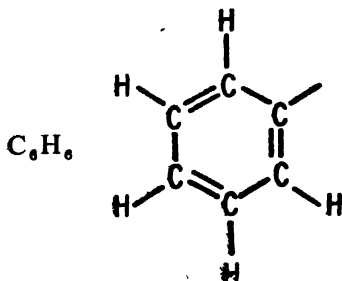
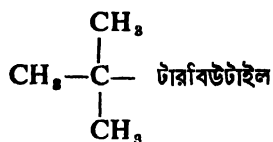
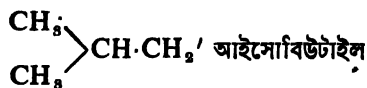
মিথেনের চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু অনুরূপ বা সদৃশ (Equivalent)। ইথেনের ($CH_3 \cdot CH_3$) ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু সদৃশ। কিন্তু প্রোপেনের ($CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_3$) প্রথম ও তৃতীয় অর্থাৎ প্রান্তিক কার্বন পরমাণুতে অবস্থিত মোট ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু সদৃশ হলেও মধ্যবর্তী কার্বন পরমাণুতে অবস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণু দুটির (নিজেদের মধ্যে সদৃশ হলেও) সঙ্গে সদৃশ নয়। অর্থাৎ প্রান্তিক কার্বনে অবস্থিত ছয়টি হাইড্রোজেনের যে কোন একটিকে অপসারিত করলে যে অ্যালকাইল মূলক পাওয়া যাবে মধ্যবর্তী হাইড্রোজেন পরমাণুর যে কোন একটিকে অপসারিত করলে ভিন্ন প্রকার অ্যালকাইল মূলক পাওয়া যাবে। অ্যালকেনে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা যত বাড়বে এর থেকে প্রাপ্ত অ্যালকাইল মূলকের সংখ্যাও তত বাড়বে।

সংপৃক্ত সরল শৃঙ্খল হাইড্রোকার্বনের প্রান্তিক কার্বনে অবস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুর একটিকে অপসারিত করলে যে অ্যালকাইল মূলক পাওয়া যাবে তাকে নরম্যাল (Normal) বা n-অ্যালকাইল মূলক বলে। যেমন $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH'_2$-কে n-প্রোপাইল এবং $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2'$-কে n-বিউটাইল মূলক বলে। যে অ্যালকাইল মূলকে $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!CH$ এই অংশটি থাকবে তাকে আইসো মূলক বলে। যেমন $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!CH$-কে আইসোপ্রোপাইল এবং $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!CH \cdot CH_2$-কে আইসো-বিউটাইল মূলক বলে। আর $R_2 - \overset{R_1}{\underset{R_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}} -$ এই প্রকার অ্যালকাইল মূলককে টার-অ্যালকাইল মূলক বলে।

হাইড্রোকার্বন	একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করলে যে জৈব মূলক পাওয়া যাবে।
CH_4 (মিথেন)	CH'_3 মিথাইল
$CH_3 \cdot CH_3$ (ইথেন)	$CH_3 \cdot CH_2'$ ইথাইল
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_3$ (প্রোপেন)	$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 -$ n-প্রোপাইল
	$CH_3 \cdot \underset{|}{CH} \cdot CH_3$ আইসোপ্রোপাইল
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$	$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2'$ n-বিউটাইল

$$\begin{matrix}CH_3 \\ CH_3\end{matrix}\!\!>\!CH{\cdot}CH_2{}'$$ আইসোবিউটাইল

$$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-$$ টারবিউটাইল

C_6H_6 (H–C ষড়ভুজ গঠন) বা (বেঞ্জিন বলয়) বা $C_6H_5{}'$

ফিনাইল মূলক

সুতরাং বেশির ভাগ জৈব যৌগগুলিকে দুই বা তার অধিক অংশে বা মূলকে ভাগ করা যায়। যেমন মিথাইল ক্লোরাইড ($CH_3{\cdot}Cl$)-কে মিথাইল ($CH_3{}'$) এবং ক্লোরাইড (Cl') অংশে ভাগ করা যায়। সেই রকম ইথাইল কোহলকে ইথাইল ($C_2H'_5$) এবং হাইড্রক্সিল (OH') মূলকে এবং অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে ($CH_3{\cdot}COOH$) মিথাইল এবং কার্বক্সিল ($COOH'$) মূলকে বা অংশে ভাগ করা যায়। জৈব যৌগের যে অংশটি অপরটির থেকে অধিক সক্রিয় অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অপরটির থেকে অপেক্ষাকৃত কম স্থায়ী, যৌগের সেই অংশকে ক্রিয়াত্মক বা **ক্রিয়াশীল মূলক** (Functional radical) বলে। জৈব যৌগের **অধিলক্ষণ** (Characteristics) ধর্মগুলি ক্রিয়াশীল মূলকের উপর নির্ভরশীল। জৈব যৌগ সমূহকে ক্রিয়াশীল মূলক দিয়ে শ্রেণী বিভাগ করা যায়। কোন কোন যৌগে একাধিক ক্রিয়াশীল মূলক থাকতে পারে। সে ক্ষেত্রে যে যে ক্রিয়াশীল মূলক উপস্থিত তাদের প্রত্যেকের অধিলক্ষণ ধর্মগুলি প্রকাশ পাবে।

ক্রিয়াশীল মূলক	শ্রেণী	উদাহরণ
—OH (হাইড্রক্সিল)	কোহল	$CH_3{\cdot}OH$ মিথাইল কোহল
—OR (অ্যালকক্সি)	ইথার	$CH_3{\cdot}O{\cdot}CH_3$ ডাইমিথাইল ইথার
—CHO (অ্যালডিহাইড)	অ্যালডিহাইড	$CH_3{\cdot}CHO$ অ্যাসিট্যালডিহাইড
$>C=O$ (কিটোন)	কিটোন	$CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3$ ডাইমিথাইল কিটোন বা অ্যাসিটোন

—COOH (কার্বক্সিল)	কার্বক্সিল অ্যাসিড	$CH_3 \cdot COOH$ অ্যাসিটিক অ্যাসিড
—COOR (এস্টার)	এস্টার	$CH_3 \cdot COOC_2H_5$ ইথাইল অ্যাসিটেট
$—NH_2$ (অ্যামাইনো)	অ্যামিন	$CH_3 \cdot NH_2$ মিথাইল অ্যামিন
$—NO_2$ (নাইট্রো)	নাইট্রো	$C_6H_5 \cdot NO_2$ নাইট্রোবেনজিন
—CN (সায়ানাইড বা নাইট্রাইল)	সায়ানাইড বা নাইট্রাইল	$CH_3 \cdot CN$ মিথাইল সায়ানাইড বা অ্যাসিটো নাইট্রাইল
—NC (আইসোসায়ানাইড বা আইসোনাইট্রাইল)	আইসোসায়ানাইড বা আইসোনাইট্রাইল	$CH_3 \cdot NC$ মিথাইল আইসো-সায়ানাইড
$—CONH_2$ (অ্যাসিড অ্যামাইড)	অ্যামাইড	$CH_3 \cdot CONH_2$ অ্যাসিট্যামাইড
—COCl (অ্যাসিড ক্লোরাইড)	অ্যাসিড ক্লোরাইড	$CH_3 \cdot COCl$ অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড
$\begin{matrix}—CO \\ —CO\end{matrix}\!\!>O$ (অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড)	অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড	$\begin{matrix}CH_3 \cdot CO \\ CH_3 \cdot CO\end{matrix}\!\!>O$ অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড

সমগণীয় সারি (Homologous Series) : বহু সংখ্যক জৈব যৌগকে আমরা কতকগুলি শ্রেণীতে ভাগ করতে পারি—যেমন হাইড্রোকার্বন, কোহল, অ্যালডিহাইড, কার্বক্সিলিক, অ্যামাইনো, নাইট্রো ইত্যাদি। প্রত্যেক শ্রেণীতে বহু সংখ্যক যৌগ বা সদস্য (Member) রয়েছে, যাদের একই প্রকার রাসায়নিক পদ্ধতিতে সাধারণত প্রস্তুত করা যায় এবং যাদের ধর্ম ও প্রকৃতির মধ্যে একটি সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায়। এই সকল সদস্যদের একটি সাধারণ সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। যেমন মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6), প্রোপেন (C_3H_8), বিউটেন (C_4H_{10}) ইত্যাদিকে একই সাধারণ সংকেত C_nH_{2n+2} দিয়ে প্রকাশ করা যায় এবং এদের ধর্ম ও প্রকৃতির মধ্যে একটি সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায় এবং একই রাসায়নিক পদ্ধতি দিয়ে প্রস্তুত করা যায়। আর যে কোন পরপর দুটি যৌগের মধ্যে পার্থক্য মাত্র CH_2-এর।

একই রাসায়নিক ধর্ম সমন্বিত জৈব যৌগসমূহকে তাদের ক্রমবর্ধমান আণবিক গুরুত্ব অনুসারে ক্রমান্বয়ে সাজালে লক্ষ্য করা যায় যে, কোন সদস্য তার পার্শ্ববর্তী সদস্যের সঙ্গে মাত্র CH_2 পরমাণু পুঞ্জের পার্থক্য থাকে। এই রকম সারি বা শ্রেণীকে সমগণীয় সারি

বা শ্রেণী বলে এবং ঐ শ্রেণীতে অবস্থিত যে কোন সদস্যকে সমগণ (Homologue) বলে।

কোন সমগণীয় সারির একটি সমগণের ধর্ম ও প্রস্তুত প্রণালী জানা থাকলে অপর সদস্যদের ধর্ম ও প্রস্তুত প্রণালী একই রকম হবে।

প্যারাফিন বা অ্যালকেন	কোহল
মিথেন CH_4	CH_3OH মিথাইল কোহল
ইথেন C_2H_6	$CH_3 \cdot CH_2OH$ ইথাইল "
প্রোপেন C_3H_8	$C_3H_7 \cdot OH$ প্রোপাইল "
বিউটেন C_4H_{10}	C_4H_9OH বিউটাইল "
পেন্‌টেন C_5H_{12}	$C_5H_{11}OH$ অ্যামাইল "
হেক্সেন C_6H_{14}	
সাধারণ সংকেত C_nH_{2n+2}	$C_nH_{2n+1} \cdot OH$ বা $C_nH_{2n+2}O$

অ্যাসিড	অ্যামিন
$HCOOH$ ফরমিক অ্যাসিড	CH_3NH_2 মিথাইল অ্যামিন
$CH_3 \cdot COOH$ অ্যাসিটিক "	$C_2H_5NH_2$ ইথাইল "
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot COOH$ প্রোপিওনিক "	$C_3H_7NH_2$ প্রোপাইল "
$C_3H_7 \cdot COOH$ বিউটিরিক "	$C_4H_9NH_2$ বিউটাইল "
$C_nH_{2n+1} \cdot COOH$ বা $C_nH_{2n}O_2$	$C_nH_{2n+1} \cdot NH_2$ বা $C_nH_{2n+3}N$

সমগণীয় শ্রেণীর যৌগসমূহের বৈশিষ্ট্য
Characteristics of the Members of a Homologous Series

1) সমগণীয় শ্রেণীর সকল সদস্যের অণুর উপাদান অভিন্ন হবে অর্থাৎ প্রত্যেক সদস্যে উপস্থিত মৌল উপাদান অভিন্ন হবে। যেমন সকল সমগণ কার্বক্সিল অ্যাসিড C, H এবং O দিয়ে গঠিত হবে।

2) সমগণীয় শ্রেণীর সকল সদস্যের রাসায়নিক ধর্ম অভিন্ন হবে এবং একই রাসায়নিক পদ্ধতিতে প্রস্তুত ও সনাক্ত করা যায়।

3) সমগণীয় শ্রেণীভুক্ত পরপর অবস্থিত সদস্যের মধ্যে CH_2 পরমাণু পুঞ্জের পার্থক্য থাকবে।

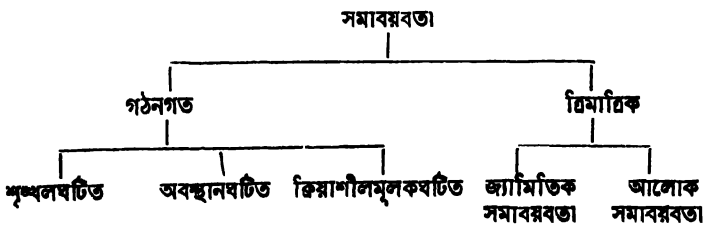
4) সমগণসমূহের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক ও ঘনত্ব আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পাবে এবং দ্রাব্যতা ও রাসায়নিক সক্রিয়তা আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে হ্রাস পাবে।

5) একই সাধারণ সংকেত দিয়ে প্রত্যেক সদস্যকে প্রকাশ করা যাবে।

সমসংকেত ও সমসংকেতকতা বা সমাবয়ব ও সমাবয়বতা
Isomers and Isomerism

অনেক সময় দেখা যায় যে, দুই বা ততোধিক জৈব যৌগের আণবিক সংকেত অভিন্ন অর্থাৎ যৌগগুলি অভিন্ন মৌল উপাদান দিয়ে গঠিত এবং যৌগগুলিতে প্রত্যেকটি মৌলের পরমাণুর সংখ্যা অভিন্ন। এই অভিন্ন আণবিক সংকেত কিন্তু পৃথক ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বিশিষ্ট যৌগগুলিকে সমাংশ বা সমাবয়ব বা সমসংকেত বলে এবং এই ঘটনাকে সমাংশকতা বা সমাবয়বতা বা সমসংকেতকতা বলে। যেমন ইথাইল অ্যালকোহল এবং ডাইমিথাইল ইথারের উভয়ের আণবিক সংকেত C_2H_6O অর্থাৎ অভিন্ন। কিন্তু সাধারণ উষ্ণতায় ইথাইল কোহল তরল এবং ডাইমিথাইল ইথার গ্যাসীয় পদার্থ। ইথাইল কোহল ডাইমিথাইল ইথারের থেকে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অধিক সক্রিয়।

সমসংকেতগুলির আণবিক সংকেত অভিন্ন, কিন্তু তাদের ধর্ম পৃথক হয়। অতএব ওদের আণবিক গঠনে বিভিন্ন মৌলগুলি বিভিন্নভাবে যুক্ত হয় অর্থাৎ মৌলগুলি বিন্যাস বিভিন্ন হবে।

সমাবয়বতা প্রধানত দুই প্রকার হয়—গঠনগত বা গঠনঘটিত (Structural) এবং ত্রিমাত্রিক (Stereo) সমাবয়বতা।

গঠনগত সমাবয়বতা আবার তিন রকম হতে পারে।

(i) **শৃঙ্খলঘটিত :** বিভিন্ন আকারের কার্বন পরমাণুর কাঠামো বা বিন্যাসের দরুন যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে শৃঙ্খলঘটিত সমাবয়বতা বলে। যেমন n, আইসো ও নিওপেন্টেন যৌগগুলি এই শ্রেণীর সমাবয়বতার উদাহরণ।

$$\begin{array}{ccccccccccc} & & H & & H & & H & & H & & H \\ & & | & & | & & | & & | & & | \\ H & - & C & - & C & - & C & - & C & - & C & - H \\ & & | & & | & & | & & | & & | \\ & & H & & H & & H & & H & & H \end{array}$$

বা $CH_3.CH_2.CH_2.CH_2.CH_3$ (C_5H_{12})

n-পেণ্টেন

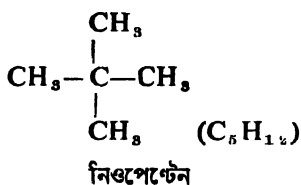
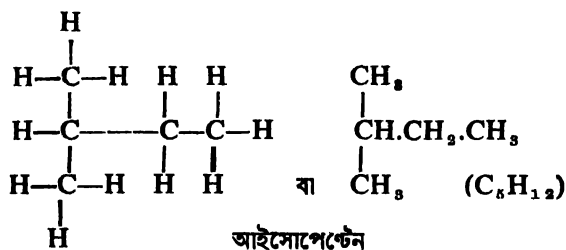
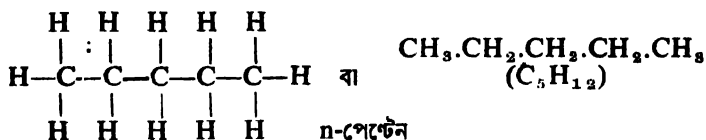
$$\begin{array}{ccccccccc} & & H & & & & & & \\ & & | & & & & & & \\ H & - & C & - & H & & H & & H \\ & & | & & & & | & & | \\ H & - & C & - & - & - & C & - & C & - H \\ & & | & & & & | & & | \\ H & - & C & - & H & & H & & H \\ & & | & & & & & & \\ & & H & & & & & & \end{array}$$

বা

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH.CH_2.CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{array} \quad (C_5H_{12})$$

আইসোপেণ্টেন

$$\begin{array}{ccccc} & & CH_3 & & \\ & & | & & \\ CH_3 & - & C & - & CH_3 \\ & & | & & \\ & & CH_3 & & \end{array} \quad (C_5H_{12})$$

নিওপেণ্টেন

(ii) **অবস্থানঘটিত :** অভিন্ন কার্বন পরমাণুর কাঠামো বিশিষ্ট কোন জৈব যৌগে, পরমাণু বা পরমাণু পুঞ্জের অবস্থান কার্বন পরমাণুর কাঠামোতে বিভিন্ন জায়গায় হওয়ার দরুন যে সমাবয়বতার সৃষ্টি হয় তাকে অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা বলে।

n প্রোপাইল কোহল ও আইসোপ্রোপাইল কোহল এবং মিথাইল n-প্রোপাইল ইথার ও ডাই-ইথাইল ইথার এই শ্রেণীর সমাবয়বতার উদাহরণ।

(ক)

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & H \\ & & | & & | & & | \\ H & - & C & - & C & - & C & - OH \\ & & | & & | & & | \\ & & H & & H & & H \end{array}$$

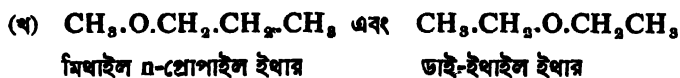
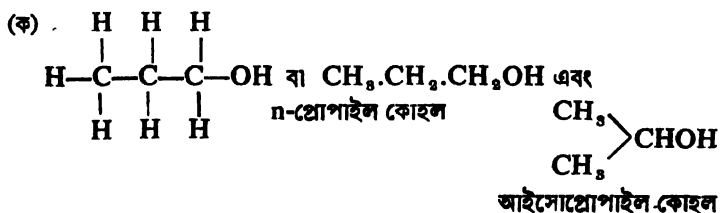
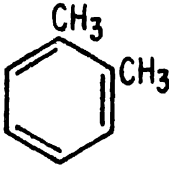
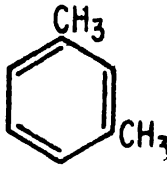
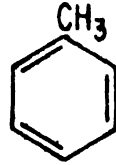
বা $CH_3.CH_2.CH_2OH$ এবং

n-প্রোপাইল কোহল

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ CH_3 \end{array} \!\!> CHOH$$

আইসোপ্রোপাইল কোহল

(খ) $CH_3.O.CH_2.CH_2.CH_3$ এবং $CH_3.CH_2.O.CH_2CH_3$

মিথাইল n-প্রোপাইল ইথার ডাই-ইথাইল ইথার

(গ) এছাড়া অর্থো, মেটা ও প্যারা জাইলিনও এই শ্রেণীর উদাহরণ।

(iii) **ক্রিয়াশীলমূলকঘটিত ঃ** পৃথক পৃথক ক্রিয়াশীলমূলক বিশিষ্ট বিভিন্ন সমাবয়ব যৌগের দরুন যে সমাবয়বতা সৃষ্টি হয় তাকে ক্রিয়াশীলমূলকঘটিত সমাবয়বতা বলে। যেমন ইথাইল কোহল এবং ডাই-মিথাইল ইথার এই শ্রেণীর উদাহরণ।

(ক) $CH_3.CH_2OH$ এবং $CH.O.CH_3$.

(খ) $CH_3.CO.CH_3$ এবং $CH_3.CH_2.CHO$
অ্যাসিটোন প্রোপিয়ন্যালডিহাইড

ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা ঃ এই শ্রেণীর সমাবয়বতায় সমাবয়ব যৌগগুলির আণবিক গঠন অভিন্ন হবে কিন্তু সমাবয়ব যৌগে অবস্থিত পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জের শূন্যে (Space) অবস্থান অর্থাৎ বিন্যাস বিভিন্ন হবে। ত্রিমাত্রিক সমাবয়বতা দুই প্রকার হয়—যেমন জ্যামিতিক এবং আলোক সমাবয়বতা। যথাস্থানে এদের আলোচনা থাকবে।

জৈব যৌগের নামকরণ (Nomenclature of Organic Compounds)

আদিকালে জৈব যৌগের নামকরণ করতে সাধারণত দুটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে করা হয়—(i) যৌগটির উৎস থেকে, (ii) যৌগটির প্রকৃতি থেকে। যেমন ফরমিক অ্যাসিডের নামকরণ করা হয়েছিল ওর উৎস লাল পিঁপড়ে থেকে। কারণ লাল-পিঁপড়ের ল্যাটিন নাম Formica। সেরকম জলাভূমিতে (Marshy land) উৎপন্ন ম্যার্শ গ্যাস থেকে মিথেনের নামকরণ করা হয়েছিল। আবার মিথেনকে ফায়ার ড্যাম্পও (Fire damp) বলা হয়, কারণ মিথেন বাতাসের সঙ্গে বিস্ফোরক মিশ্রণ উৎপন্ন করে। জৈব যৌগের এই রকম নাম যা বহুল প্রচলিত তাকে সাধারণ নাম বা গতানুগতিক বা মামুলি (Common or Trivial) নাম বলে।

আগে কোন নিয়ম মেনে নামকরণ করা হত না এবং একই যৌগ বিভিন্ন দেশে

বিভিন্ন নামে পরিচিত ছিল। ফলে পরের দিকে জৈব যৌগের রসায়নের ধারাবাহিক আলোচনায় অসুবিধে দেখা দিল। এই অসুবিধে দূর করার জন্য 1892 খ্রীস্টাব্দে জেনেভায় রসায়নবিদ্‌দের এক আন্তর্জাতিক সম্মেলন হয়। এতে জৈব যৌগের নামকরণ করতে একটি নিয়মনীতি স্থির হয়। এই সম্মেলনে নামকরণের ক্ষেত্রে অনেক বিভ্রান্তি দূর করলেও পুরোপুরি ত্রুটিমুক্ত ছিল না। পরে নামকরণের ক্ষেত্রে আরো দুটি সম্মেলন হয় এবং International Union of Pure & Applied Chemistry সংক্ষেপে I.U.P.A.C. জৈব যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে সুনির্দিষ্ট নিয়মকানুন প্রবর্তন করে রিপোর্ট দাখিল করে। আর এই নিয়মে যৌগের নামকরণ করলে তাকে I.U.P.A.C নিয়মে নামকরণ বলে।

জৈব যৌগের বহুল প্রচলিত নামও অনেক সময় I.U.P.A.C পদ্ধতিতে ব্যবহার করা হয়। জৈব যৌগের গঠনের উপর নির্ভর করে I.U.P.A.C. পদ্ধতিতে সাধারণত নামকরণ করা হয়। নরম্যাল (n), আইসো (iso), নিও (neo) ইত্যাদি বা প্রাথমিক (Primary), দ্বিতীয়ক (Secondary), তৃতীয়ক (Tertiary) I.U.P.A.C পদ্ধতিতে নামকরণের ক্ষেত্রে সাধারণত ব্যবহার করা হয় না।

জৈব যৌগ লক্ষ লক্ষ হলেও এদের কতকগুলি সমগণীয় সারি বা শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়। প্রত্যেক সমগণীয় শ্রেণীর একটি বিশেষ নিজস্ব নাম থাকবে, যার দ্বারা ঐ শ্রেণীর প্রত্যেক সমগণকে চিহ্নিত করা যাবে। যেমন অ্যালকেন, অ্যালকিন (Alkene), অ্যালকাইন (Alkyne), কোহল, ইথার, অ্যালডিহাইড, কিটোন কার্বক্সিলিক অ্যাসিড (Carboxylic acid), অ্যামিন, এস্টার অ্যানহাইড্রাইড, অ্যাসিড ক্লোরাইড, অ্যামাইড ইত্যাদি। কতকগুলি উদাহরণ নিচে দেওয়া হল।

যৌগ	সাধারণ নাম	IUPAC নাম
$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3$	n-হেক্সেন	হেক্সেন
$\overset{1}{CH_3}{\cdot}\overset{2}{CH}(CH_3){\cdot}\overset{3}{CH_2}{\cdot}\overset{4}{CH_2}{\cdot}\overset{5}{CH_3}$	আইসো হেক্সেন	2-মিথাইল পেণ্টেন
$CH_3{\cdot}C(CH_3)_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3$	—	2 : 2 ডাইমিথাইল বিউটেন
$\overset{4}{CH_3}{\cdot}\overset{3}{CH_2}{\cdot}\overset{2}{CH}{=}\overset{1}{CH_2}$	∝-বিউটিলিন	1-বিউটিন বা বিউট্-1-ইন

	সাধারণ নাম	IUPAC নাম
$CH_3 \cdot CH = CH \cdot CH_3$	β-বিউটিলিন	2-বিউটিন বা বিউট্-2-ইন
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH$	n-বিউটাইল কোহল	বিউটান্ 1-অল
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH(OH) \cdot CH_3$		বিউটান্ 2-অল
$(CH_3)_2 > CH \cdot CH_2OH$	আইসো বিউটাইল কোহল	2-মিথাইল প্রোপেন্-1-অল
$CH_3-C(CH_3)_2-OH$	টারবিউটাইল কোহল	1 : 1 ডাই-মিথাইল ইথানল
$CH_3 \cdot CHO$	অ্যাসিট্যালডিহাইড	ইথান্যাল
$CH_3 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CH_3$	ইথাইলমিথাইল কিটোন	বিউটান্ 2-ওন
$\underset{1}{CH_3} \cdot \underset{2}{CH_2} \cdot \underset{3}{CO} \cdot \underset{4}{CH_2} \cdot \underset{5}{CH_3}$	ডাই-ইথাইলকিটোন	পেণ্টেন 3-ওন
$CH_3 \cdot COOH$	অ্যাসিটিক অ্যাসিড	ইথানোয়িক অ্যাসিড
$CH_3 \cdot COOC_2H_5$	ইথাইল অ্যাসিটেট	ইথাইল অ্যাসিটেট
$CH_3CH_2 \cdot CH_2 \cdot NH_2$	n-প্রোপাইল অ্যামিন	1-অ্যামাইনো প্রোপেন

(প্রত্যেক শ্রেণীর যৌগের অধ্যায়ে নামকরণ বিশদভাবে বলা হবে।)

প্রশ্নাবলী

1. সঠিকভাবে বর্ণনা ও ব্যাখ্যা কর :—(i) অ্যালিফ্যাটিক যৌগ, (ii) অ্যারোম্যাটিক যৌগ, (iii) অসমচক্রাকার যৌগ, (iv) অ্যালিসাইক্লিক যৌগ, (v) ক্রিয়াশীলমূলক, (vi) সমগণীয় সারি, (vii) অ্যালকাইল মূলক, (viii) সমাবয়বতা (ix) প্যারাফিন।
2. সমগণ ও সমগণীয় সারি কাদের বলে? সমগণীয় শ্রেণীর যৌগসমূহের বৈশিষ্ট্য কি কি?

3. সমাবয়ব ও সমাবয়বতা কাদের বলে ? সমাবয়বতার শ্রেণীবিভাগ কর এবং উদাহরণ সহকারে ব্যাখ্যা কর।

4. C_5H_{12} এই আণবিক সংকেতে কতগুলি সমাবয়ব পাওয়া যাবে ? প্রত্যেকটি IUPAC পদ্ধতির নামকরণ কর।

5. $C_4H_{10}O$ এই আণবিক সংকেতে কতগুলি সমাবয়ব পাওয়া যাবে ? প্রত্যেকটির নামকরণ কর এবং কোন্ শ্রেণীর সমাবয়বতা আছে বল।

6. নামকরণ কর : (i) $(CH_3)_3{\cdot}C{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3$

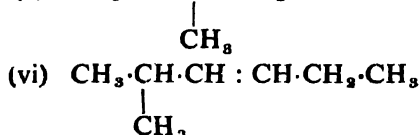
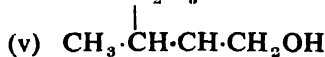
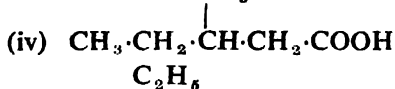
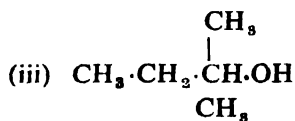
(ii) $(CH_3)_2{>}CHCO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2CH_3$

(iii) $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH(CH_3){\cdot}OH$

(iv) $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH(CH_3){\cdot}CH_2{\cdot}COOH$

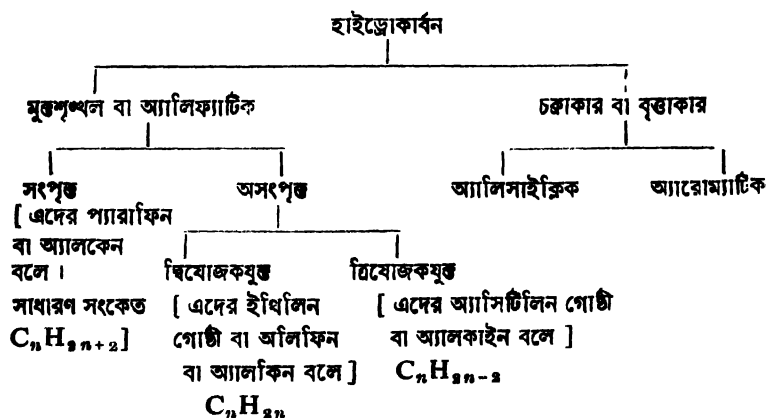
(v) $CH_3{\cdot}CH(C_2H_5){\cdot}CH(CH_3){\cdot}CH_2OH$

(vi) $CH_3{\cdot}CH(CH_3){\cdot}CH : CH{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3$

৭

স্নেহজ বা অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বনসমূহ
Aliphatic Hydrocarbons

কার্বন ও হাইড্রোজেনের দ্বিযৌগ (Binnary compound)-কে হাইড্রোকার্বন বলে। যে হাইড্রোকার্বনের শৃঙ্খলটি মুক্ত অবস্থায় থাকে তাকে মুক্তশৃঙ্খল হাইড্রোকার্বন বা অ্যালিফ্যাটিক বা স্নেহজ হাইড্রোকার্বন বলে। মিথেন, ইথেন ($CH_3 \cdot CH_3$), প্রোপেন ($CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_3$), ইথিলিন, ($CH_2 = CH_2$), অ্যাসিটিলিন ($CH \equiv CH$) ইত্যাদি যৌগ এই শ্রেণীর উদাহরণ।

মুক্ত শৃঙ্খল বা অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বন যৌগকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—সংপৃক্ত এবং অসংপৃক্ত। যে মুক্ত শৃঙ্খল হাইড্রোকার্বন যৌগের অণুতে কার্বন কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বিবন্ধ বা ত্রিবন্ধ নেই তাকে মুক্ত শৃঙ্খল সংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন বা প্যারাফিন (Paraffin) বা অ্যালকেন বলে। উদাহরণ : মিথেন, ইথেন, প্রোপেন, ইত্যাদি।

আর যে মুক্ত শৃঙ্খল হাইড্রোকার্বনের যৌগের অণুতে কার্বন কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বিবন্ধ বা ত্রিবন্ধ আছে তাদের মুক্ত শৃঙ্খল অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন বলে। যে অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বন যৌগের অণুতে কার্বন কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বিযোজক আছে তাকে ইথিলিন গোষ্ঠী যৌগ (Ethylinic compounds) বা অ্যালকিন (Alkene) এবং যাদের মধ্যে কার্বন কার্বন পরমাণুর মধ্যে ত্রিযোজক আছে তাদের অ্যাসিটিলিন গোষ্ঠী যৌগ (Acetylinic compounds) বা অ্যালকাইন (Alkyne) বলে।

প্রাচীনকালে এই শ্রেণীর সদস্যদের যাদের বিচার বিশ্লেষণ করা হয়েছিল সেগুলিকে চর্বি (Fat) থেকে পাওয়া গিয়েছিল। তাই এই শ্রেণীর সদস্যদের অ্যালিফ্যাটিক যৌগ বলা হয়। কারণ গ্রীক শব্দে aliphos মানে চর্বি।

মিথেন হল সরলতম অ্যালকেন বা প্যারাফিন, যা মার্শ গ্যাসে পাওয়া যায় এবং পেট্রোলিয়াম কূপ (Oil wells) থেকে প্রাপ্ত গ্যাসেও পাওয়া যায়। প্যারাফিন শ্রেণীর যৌগের সাধারণ সংকেত হলো C_nH_{2n+2}। প্যারাফিন (Paraffin) শব্দটা ল্যাটিন শব্দ parum মানে little এবং affinis মানে affinity থেকে এসেছে। কারণ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এই শ্রেণীর সদস্যরা বেশ নিষ্ক্রিয়।

নামকরণ : অ্যালকেন শ্রেণীর প্রতিটি সদস্যের নামের শেষে 'এন' (ane) থাকবে। এই শ্রেণীর প্রথম চারটি সদস্যের নাম সমসংখ্যক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট কোহলের নাম থেকে করা হয়েছে। যেমন ইথাইল কোহল থেকে ইথেন এবং প্রোপাইল কোহল থেকে প্রোপেন হয়েছে। মিথেন শব্দটা মার্শ গ্যাস থেকে হয়েছে।

এই শ্রেণীর প্রথম চারটি সদস্যের সাধারণ নামকে IUPAC পদ্ধতিতে নেওয়া হয়েছে। কিন্তু পরবর্তী অ্যালকেনের নামকরণ করতে ঐ অ্যালকেনে অবস্থিত কার্বন পরমাণুর সংখ্যার গ্রীক নামের শেষে 'এন' (ane) বসিয়ে করা হয়।

	সাধারণ নাম	IUPAC নাম
CH_4	মিথেন	মিথেন (Methane)
C_2H_6	ইথেন	ইথেন (Ethane)
C_3H_8	প্রোপেন	প্রোপেন (Propane)
C_4H_{10}	বিউটেন	বিউটেন (Butane)
C_5H_{12}	—	পেণ্টেন (Pentane)
C_6H_{14}	—	হেক্সেন (Hexane)

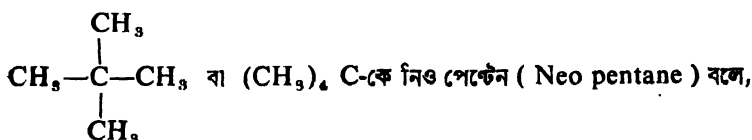
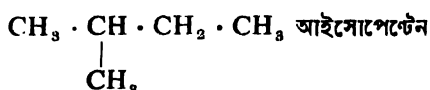
প্রথম তিনটি অ্যালকেনের কোন সমাবয়ব (Isomer) হয় না। কিন্তু চার বা চারের অধিক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালকেনের সমাবয়ব হয় এবং কার্বন পরমাণু বৃদ্ধিতে সমাবয়বের সংখ্যা বৃদ্ধি পাবে।

যে অ্যালকেনের কার্বন পরমাণুগুলি একটিমাত্র শৃঙ্খলে (Straight chain) থাকে তাদের নরম্যাল (Normal) বা সংক্ষেপে n অ্যালকেন বলে।

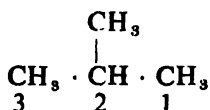
যেমন $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$-কে n-বিউটেন বলে।

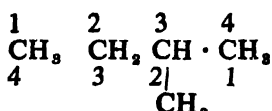
আর যে অ্যালকেনের কার্বন পরমাণুগুলি সমশৃঙ্খলে না থেকে শাখা প্রশাখায় বিভক্ত হয়ে থাকে তাদের শাখাযুক্ত শৃঙ্খল (Branched chain) হাইড্রোকার্বন বলে (এক্ষেত্রে শাখাযুক্ত শৃঙ্খল অ্যালকেন বলে)। যেমন $CH_3 \cdot \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} \cdot CH_3$-এর

সাধারণ নাম আইসোবিউটেন, কারণ এতে আইসো পরমাণুপুঞ্জ $\left(\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>CH\right)$ ও চারটি কার্বন পরমাণু আছে।

$$CH_3 \cdot \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} \cdot CH_2 \cdot CH_3 \text{ আইসোপেন্টেন}$$

$$CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$$ বা $(CH_3)_4$ C-কে নিও পেন্টেন (Neo pentane) বলে, কারণ এতে 5টি কার্বন পরমাণু এবং নিও [$(CH)_3C$—] পরমাণুপুঞ্জ আছে।

কিন্তু IUPAC পদ্ধতিতে শাখাযুক্ত শৃঙ্খল অ্যালকেনের নাম করতে হলে, প্রথমে ঐ সদস্যের এমন কার্বন শৃঙ্খল খুঁজে বার করতে হবে যাতে সর্বাধিক কার্বন পরমাণু থাকে এবং ঐ সংখ্যক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালকেনের যে নাম হবে তা স্থির করতে হবে। এখন ঐ কার্বন শৃঙ্খলের কোন এক প্রান্তিক (End) কার্বন পরমাণু থেকে ক্রমান্বয়ে কার্বন পরমাণুগুলিকে সংখ্যা দিয়ে সূচীত করা হয়। এখন যতসংখ্যক কার্বন পরমাণুতে শাখা হয়েছে তা নির্ণয় করে এবং ঐ কার্বন পরমাণুতে কি মূলক যুক্ত আছে তার নামের আগে ঐ সংখ্যাটি বসিয়ে অ্যালকেনের নাম যোগ করে দিলে সদস্যটির নাম করা শেষ হবে। যেমন—

$$\underset{3}{CH_3} \cdot \overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{2}{CH}}} \cdot \underset{1}{CH_3}$$

অ্যালকেনের শৃঙ্খলে তিনটি কার্বন পরমাণু আছে এবং 2 নং কার্বন পরমাণুতে একটি মিথাইল মূলক যুক্ত আছে। অতএব এই সদস্যটির নাম হবে 2-মিথাইল প্রোপেন।

$$\overset{1}{\underset{4}{CH_3}}\ \ \overset{2}{\underset{3}{CH_2}}\ \overset{3}{\underset{2|\ \ \atop \displaystyle CH_3}{CH}} \cdot \overset{4}{\underset{1}{CH_3}}$$

এই সদস্যটি বিউটেন-জাত এবং শাখা-যুক্ত। বাম প্রান্তিক কার্বন পরমাণুতে সংখ্যা দিয়ে সূচীত করলে মিথাইল মূলকের অবস্থান হবে 3, কিন্তু ডান প্রান্তিক কার্বন

পরমাণু থেকে অবস্থান হবে 2। সুতরাং এর নাম দুরকম হবে, ফলে বিভ্রান্তি ঘটবে। এই অসুবিধে দূর করার জন্য নিয়ম করা হয়েছে, যে প্রান্তিক কার্বন পরমাণু সংখ্যা দিয়ে সূচীত করলে মূলকের অবস্থান সবচেয়ে ছোট সংখ্যা দিয়ে প্রকাশ করা যাবে সেই প্রান্তিক কার্বন পরমাণু থেকে সংখ্যা আরম্ভ করতে হবে। এক্ষেত্রে 2-মিথাইল বিউটেন হবে সঠিক নামকরণ। এই সংখ্যাগুলি মনে মনে ঠিক করা হয়।

একাধিক মূলক শৃঙ্খলে থাকলে ঐ সব মূলক শৃঙ্খলের যে যে সংখ্যার কার্বন পরমাণুতে যুক্ত সেই সংখ্যাগুলি ঐ সব মূলকগুলির নিজ নিজ নামের আগে বসিয়ে অবস্থানগুলি সুনির্দিষ্ট করা হয়।

$$\begin{array}{ccccccccc} & & & & CH_2 & & CH_3 & & \\ & & & & | & & | & & \\ CH_3 & \cdot & CH_3 & \cdot & CH & \cdot & CH & \cdot & CH_3 \end{array}$$

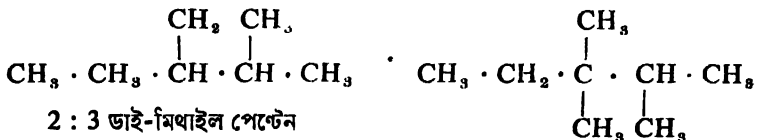
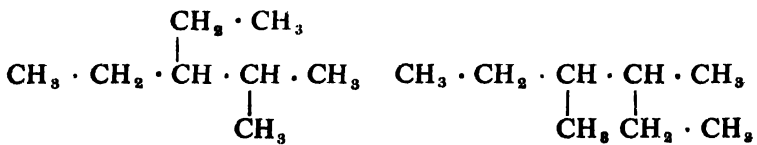
2 : 3 ডাই-মিথাইল পেণ্টেন

$$\begin{array}{ccccccccc} & & & & CH_3 & & & & \\ & & & & | & & & & \\ CH_3 & \cdot & CH_2 & \cdot & C & \cdot & CH & \cdot & CH_3 \\ & & & & | & & | & & \\ & & & & CH_3 & & CH_3 & & \end{array}$$

2 : 3 : 3 ট্রাই-মিথাইল পেণ্টেন

$$\begin{array}{ccccccccc} & & & & CH_2 \cdot CH_3 & & & & \\ & & & & | & & & & \\ CH_3 & \cdot & CH_2 & \cdot & CH & \cdot & CH & \cdot & CH_3 \\ & & & & & & | & & \\ & & & & & & CH_3 & & \end{array}$$

3-ইথাইল 2-মিথাইল পেণ্টেন

$$\begin{array}{ccccccccc} CH_3 & \cdot & CH_2 & \cdot & CH & \cdot & CH & \cdot & CH_3 \\ & & & & | & & | & & \\ & & & & CH_3 & & CH_2 \cdot CH_3 & & \end{array}$$

3 : 4 ডাই-মিথাইল হেক্সেন

মূলকগুলির নাম ইংরাজী অ্যালফাবেট (Alphabet) অনুসারে বসাতে হবে। তাই মিথাইলের আগে ইথাইল বসবে।

আর এক পদ্ধতিতে অ্যালকেন সদস্যদের নামকরণ করা যায়। এই পদ্ধতিতে নরম্যাল অ্যালকেন ব্যতীত অন্য সদস্যদের মিথেনের জাতক (Derivative) ধরা হয়। অ্যালকেনের যে কার্বন পরমাণুতে শাখা প্রশাখা আছে সেই কার্বন পরমাণুকে মিথেনের কার্বন পরমাণু ধরা হয় এবং এই কার্বন পরমাণুতে যে যে অ্যালকাইল মূলক যুক্ত আছে তাদের নাম অ্যালফাবেট অনুসারে বা মূলকের আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির ক্রমানুসারে পর পর নাম লিখে পরে মিথেন বলা হয়। যদি দুটি অ্যালকাইল মূলকের আণবিক গুরুত্ব অভিন্ন হয় সেক্ষেত্রে সরলতম অ্যালকাইল মূলকের নাম আগে লিখতে হবে এবং পরে ক্রমান্বয়ে জটিল অ্যালকাইল মূলকের নাম করতে হবে।

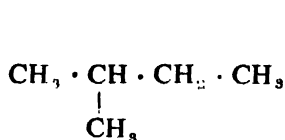
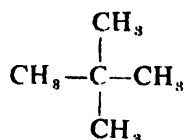
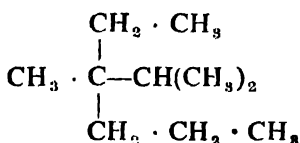
যেমন,

$$CH_3 \cdot \underset{\substack{|\\CH_3}}{CH} \cdot CH_2 \cdot CH_3$$

ডাই-মিথাইল ইথাইল মিথেন

$$CH_3-\overset{\substack{CH_3\\|}}{\underset{\substack{|\\CH_3}}{C}}-CH_3$$

টেট্রামিথাইল মিথেন

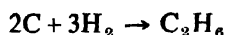
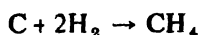
$$CH_3 \cdot \overset{\substack{CH_2 \cdot CH_3\\|}}{\underset{\substack{|\\CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3}}{C}}-CH(CH_3)_2$$

মিথাইল ইথাইল n-প্রোপাইল আইসোপ্রোপাইল মিথেন

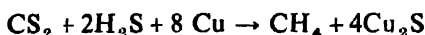
একে উদ্ভূত পদ্ধতি (Derived system)-তে নামকরণ বলে। এই পদ্ধতিতে সকল শাখাযুক্ত অ্যালকেনের ন্যামকরণ করা যায় না।

প্রস্তুতের সাধারণ পদ্ধতিসমূহ (Methods of Synthesis)

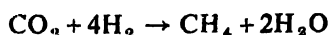
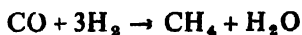
(1) **কার্বন হাইড্রোজেন থেকে সরাসরি সংশ্লেষণ :** (i) হাইড্রোজেন গ্যাস মাধ্যমে কার্বন তড়িৎদ্বারে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টির দ্বারা অল্প পরিমাণে মিথেন এবং ইথেন প্রস্তুত করা সম্ভব।

$$C + 2H_2 \rightarrow CH_4$$

$$2C + 3H_2 \rightarrow C_2H_6$$

(ii) উত্তপ্ত তামার উপর কার্বন ডাই-সালফাইড ও হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস মিশ্রণ পরিচালনা করে বারথেলট (Berthelot) প্রথম মিথেন সংশ্লেষণ করেন।

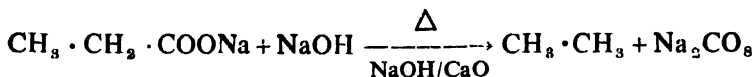
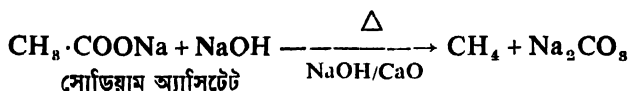
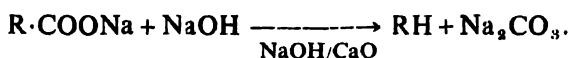
$$CS_2 + 2H_2S + 8\ Cu \rightarrow CH_4 + 4Cu_2S$$

(iii) 300°C-এ উত্তপ্ত নিকেল চূর্ণের উপর হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইড বা ডাই-অক্সাইড পরিচালিত করে মিথেন প্রস্তুত করা যায়।

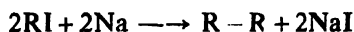
$$CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$$

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

(2) **এক ক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিডের বা ফ্যাটি অ্যাসিডের বিকার্বক্সিলীকরণ দ্বারা** (Decarboxylation of fatty acids) **:** ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে সোডালাইম (NaOH/CaO) দিয়ে মিশিয়ে নিয়ে উত্তপ্ত করলে অ্যালকেন পাওয়া যায়।

$$R\cdot COONa + NaOH \xrightarrow[NaOH/CaO]{} RH + Na_2CO_3.$$

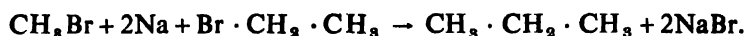
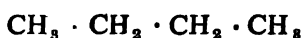
$$\underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3\cdot COONa} + NaOH \xrightarrow[NaOH/CaO]{\Delta} CH_4 + Na_2CO_3$$

$$CH_3\cdot CH_2\cdot COONa + NaOH \xrightarrow[NaOH/CaO]{\Delta} CH_3\cdot CH_3 + Na_2CO_3$$

(3) **ভার্জ বিক্রিয়ার দ্বারা** (Wurtz's Reaction) : অ্যালকাইল হ্যালাইডের ইথার (শুষ্ক) দ্রবণকে ধাতব সোডিয়াম সহযোগে উত্তপ্ত করলে উচ্চতর অ্যালকেন এবং সোডিয়াম হ্যালাইড পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়াকে ভার্জ বিক্রিয়া বলে।

$$\underset{\text{অ্যালকাইল হ্যালাইড}}{2RI} + 2Na \longrightarrow R-R + 2NaI$$

একপ্রকার অ্যালকাইল হ্যালাইড নিয়ে ভার্জ বিক্রিয়া করলে একপ্রকার অ্যালকেন পাওয়া যাবে, কিন্তু দুই প্রকার হ্যালাইড নিয়ে ভার্জ বিক্রিয়া করলে তিন প্রকার অ্যালকেন পাওয়া যাবে। যেমন,

$$CH_3Br + 2Na + Br\cdot CH_2\cdot CH_3 \rightarrow \underset{\text{প্রোপেন}}{CH_3\cdot CH_2\cdot CH_3} + 2NaBr.$$

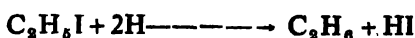
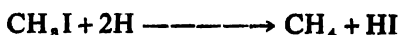
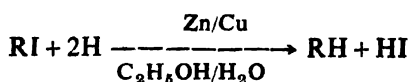
$\downarrow 2Na$ (from CH_3Br) $\qquad \downarrow 2Na$ (from $Br\cdot CH_2\cdot CH_3$)

$$\underset{\text{ইথেন}}{CH_3\cdot CH_3} \qquad \underset{\text{n-বিউটেন}}{CH_3\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot CH_3}$$

এই পদ্ধতি দিয়ে মিথেন প্রস্তুত সম্ভব নয়। টারসিয়ারী হ্যালাইডের ক্ষেত্রে ভার্জ বিক্রিয়া হয় না।

(4) **অ্যালকাইল আয়োডাইডের বিজারণ দ্বারা** (Reduction of Alkyl Iodides) : কোহলের জলীয় দ্রবণের উপস্থিতিতে দস্তা তামার যুগল (Zn/Cu Couple) বা অ্যালুমিনিয়াম পারদ যুগলের (Al/Hg Couple) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দিয়ে অ্যালকাইল হ্যালাইডকে বিজারিত করে বিশুদ্ধ অ্যালকেন প্রস্তুত করা হয়।

$$RI + 2H \xrightarrow[C_2H_5OH/H_2O]{Zn/Cu} RH + HI$$

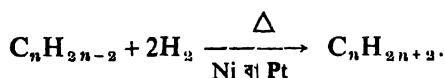
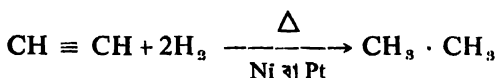
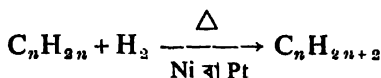
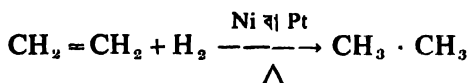
$$CH_3I + 2H \longrightarrow CH_4 + HI$$

$$C_2H_5I + 2H \longrightarrow C_2H_6 + HI$$

(5) **অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজিনেশনের দ্বারা** (By the Hydrogenation of Unsaturated Hydrocarbons) : হাইড্রোজেন ও অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন মিশ্রণকে 250° থেকে 300°C-এ নিকেল চূর্ণ বা প্লাটিনাম ধাতুর উপর দিয়ে পরিচালিত করে অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_2=CH_2+H_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{Ni বা Pt}} CH_3\cdot CH_3$$

$$C_nH_{2n}+H_2 \xrightarrow[\text{Ni বা Pt}]{\Delta} C_nH_{2n+2}$$

$$CH\equiv CH+2H_2 \xrightarrow[\text{Ni বা Pt}]{\Delta} CH_3\cdot CH_3$$

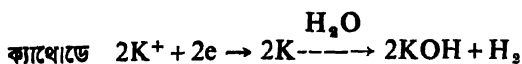
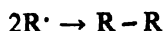
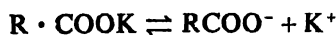
$$C_nH_{2n-2}+2H_2 \xrightarrow[\text{Ni বা Pt}]{\Delta} C_nH_{2n+2}.$$

(6) **ফ্যাটি অ্যাসিডের Na বা K লবণের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করে** (By the Electrolysis of Na or K salts of Fatty acids) : ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণের নাতি গাঢ় জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে উচ্চতর অ্যালকেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন, কস্টিক পটাশ পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিকে কোলবের পদ্ধতি (Kolbe's Method) বলে।

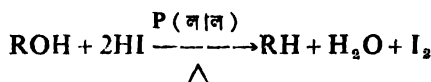
$$R\cdot COOK \rightleftharpoons RCOO^- + K^+$$

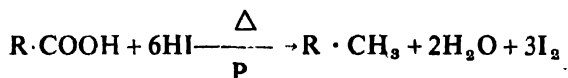
অ্যানোডে $2\,RCOO' - 2e \rightarrow 2\,RCOO^\cdot \rightarrow 2R^\cdot + CO_2$

$2R^\cdot \rightarrow R-R$

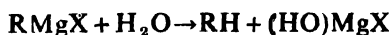
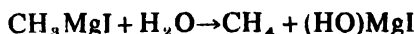
ক্যাথোডে $2K^+ + 2e \rightarrow 2K \xrightarrow{H_2O} 2KOH + H_2$

$$2CH_3\cdot COOK \rightarrow CH_3\cdot CH_3 + 2CO_2 + 2KOH + H_2$$

(7) **কোহল বা ফ্যাটি অ্যাসিডকে HI/P (লাল) দ্বারা বিজারিত করে** [By the Reduction of Alcohols or Fatty acids by HI/P (red)] : কোহল বা ফ্যাটি অ্যাসিডকে HI এবং লাল ফসফরাস সহযোগে উত্তপ্ত করলে কোহল বা ফ্যাটি অ্যাসিড বিজারিত হয়ে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

$$ROH + 2HI \xrightarrow[\Delta]{P(\text{লাল})} RH + H_2O + I_2$$

R = মিথাইল হলে অর্থাৎ মিথাইল কোহল থেকে মিথেন এবং ইথাইল কোহল থেকে ইথেন পাওয়া যাবে।

$$R\cdot COOH + 6HI \xrightarrow[P]{\Delta} R\cdot CH_3 + 2H_2O + 3I_2$$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড থেকে ইথেন পাওয়া যাবে।

(8) **গ্রিগনার্ড বিকারক থেকে** (From Grignard Reagents) : অ্যালকাইল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইডের (গ্রিগনার্ড বিকারক) সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_3MgI + H_2O \rightarrow CH_4 + (HO)MgI$$
$$RMgX + H_2O \rightarrow RH + (HO)MgX$$

অ্যালকেন সমূহের সাধারণ ধর্ম

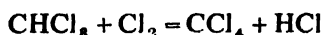
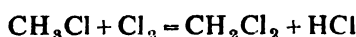
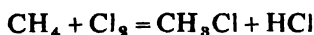
ভৌত ধর্ম : মিথেন, ইথেন, প্রোপেন ও বিউটেন সাধারণ উষ্ণতায় বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ। C_5 থেকে C_{15} পর্যন্ত অ্যালকেনগুলি সাধারণ তাপমাত্রায় বর্ণহীন তরল এবং এদের একটা বিশেষ গন্ধ আছে। উচ্চতর অ্যালকেনগুলি বর্ণহীন গন্ধহীন কঠিন পদার্থ। অ্যালকেনগুলি জলে অদ্রাব্য এবং জলের চেয়ে হালকা অর্থাৎ আপেক্ষিক গুরুত্ব কম। সমআণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট জৈব যৌগের মধ্যে অ্যালকেনগুলিই সবচেয়ে উদ্বায়ী বস্তু। অ্যালকেনের স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক আপেক্ষিক গুরুত্ব ওদের আণবিক গুরুত্বের বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পাবে। সমাবয়ব অ্যালকেনের ক্ষেত্রে সরল শৃঙ্খল অ্যালকেনের স্ফুটনাঙ্ক শাখাযুক্ত অ্যালকেনের স্ফুটনাঙ্কের চেয়ে বেশি হবে। অ্যালকেনের শাখা যত বাড়বে স্ফুটনাঙ্ক তত কমবে।

রাসায়নিক ধর্ম : অ্যালকেনকে প্যারাফিন বলে। আর প্যারাফিন শব্দটা ল্যাটিন শব্দ প্যারাম (parum) মানে অতি সামান্য এবং অ্যাফিনিস (affinis = affinity) মানে আসক্তি থেকে এসেছে। যার অর্থ হল রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অ্যালকেনগুলি কম সক্রিয়।

অ্যাসিড, ক্ষার, জারক বা বিজারক দ্রব্য সাধারণ উষ্ণতায় প্যারাফিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। কিন্তু অধিক চাপে এবং 140°C-এ নাইট্রিক অ্যাসিড বা এর বাষ্প ইথেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে নাইট্রোইথেন প্রস্তুত করে। এই বিক্রিয়াকে নাইট্রেশান

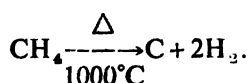
(Nitration) বলে। কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিড কোন অবস্থাতেই মিথেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

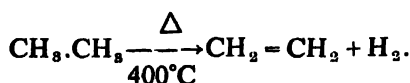
হ্যালোজিনেশান: ক্লোরিন, ব্রোমিন আলোর উপস্থিতিতে অ্যালকেনের (এক বা একাধিক) হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করে অ্যালকেনের হ্যালোজেন যৌগ এবং হ্যালোজিনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াকে হ্যালোজিনেশান বলে। ক্লোরিন ব্যাপ্তালোকে (Diffused light) মিথেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে একটির পর একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করে।

$$CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl + HCl$$
$$CH_3Cl + Cl_2 = CH_2Cl_2 + HCl$$
$$CH_2Cl_2 + Cl_2 = CHCl_3 + HCl$$
$$CHCl_3 + Cl_2 = CCl_4 + HCl$$

ইথেনও অনুরূপভাবে ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ছয়টি ক্লোরো যৌগ দেয়।

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution Reaction): কোন যৌগের অণুতে অবস্থিত পরমাণু বা মূলক যখন অন্য কোন পরমাণু বা মূলকের দ্বারা স্থানচ্যুত হয় তখন সেই বিক্রিয়াকে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বলে এবং মূল যৌগের অবশিষ্টাংশের সঙ্গে বাইরে থেকে আসা পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জের সংযোগে উৎপন্ন বস্তুকে (যৌগকে) প্রতিস্থাপন যৌগ (Substituted product) বলে। মিথেনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন মিথাইল ক্লোরাইড (CH_3Cl), মেথিলিন ক্লোরাইড (CH_2Cl_2), ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$) এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইড হল প্রতিস্থাপন যৌগ।

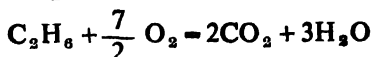
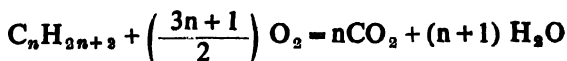
তাপ বিযোজন (Thermal decomposition): অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে মিথেনকে উচ্চতাপে উত্তপ্ত করলে কার্বন ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

$$CH_4 \xrightarrow[1000^\circ C]{\Delta} C + 2H_2.$$

ইথেনকে অনুরূপভাবে অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে ইথিলিন ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

$$CH_3.CH_3 \xrightarrow[400^\circ C]{\Delta} CH_2 = CH_2 + H_2.$$

জারণ: (i) অ্যালকেন সমূহ বাতাস বা অক্সিজেনে দহন: এদের সম্পূর্ণ দহনে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক।

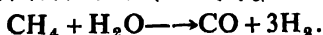
$$C_nH_{2n+2} + \left(\frac{3n+1}{2}\right) O_2 = nCO_2 + (n+1) H_2O$$

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

$$C_2H_6 + \frac{7}{2} O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$$

(ii) ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন দিয়ে মিথেন জারিত হয়ে ফরম্যালডিহাইড (HCHO) জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

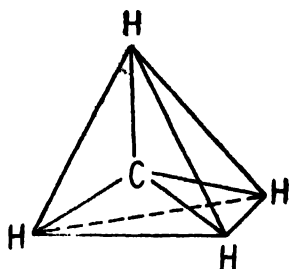
$$CH_4 + 2O_3 = HCHO + H_2O + 2O_2.$$

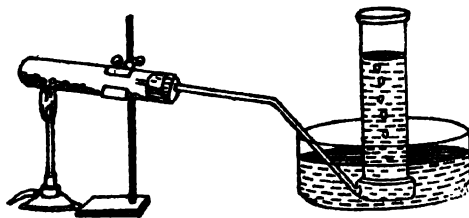
(iii) অধিক তাপমাত্রায় নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে মিথেন জলীয় বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়া করে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2.$$

মিথেন (Methane) CH_4

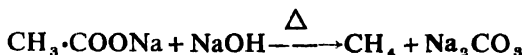
আণবিক গুরুত্ব = 16

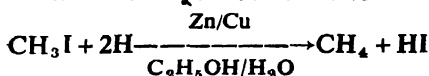
বাষ্পীয় ঘনত্ব = 8

অ্যালকেন শ্রেণীর প্রথম সদস্য। স্বল্প জলাশয়ের জলজ উদ্ভিদের পচনে (যা জীবাণু দিয়ে হয়ে থাকে) যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাকে মার্শ (Marsh) গ্যাস বলে। এই মার্শ গ্যাসই হলো মিথেন এবং মিথেন নামটা এর থেকেই এসেছে। ফসফিনের উপস্থিতিতে মার্শ গ্যাস বাতাসের সংস্পর্শে জ্বলে ওঠে। আমাদের দেশে রাতের বেলায় জলাভূমিতে যে আলো জ্বলতে দেখা যায় তা এই মার্শ গ্যাসের জন্য হয়। একে আমাদের দেশে 'আলেয়ার আলো' (Will-o' the wisp) বলে। প্রাকৃতিক (Natural) গ্যাসের প্রধান উপাদান হল এই মিথেন। কয়লাখনিতে মিথেন গ্যাস পাওয়া যায়, যা বাতাসের সঙ্গে বিস্ফোরক মিশ্রণ প্রস্তুত করে এবং আগুনের সংস্পর্শে বা বিস্ফোরণ সৃষ্টি করে। এর ফলে খনিতে দুর্ঘটনা ঘটে। আর এর জন্য মিথেনকে ফায়ার ডাম্প (Fire damp) বলে।

মিথেনের কার্বন পরমাণু সমচতুষ্কলকের বা সমচতুস্তলকের কেন্দ্রে অবস্থিত এবং সমচতুষ্কলকের চারটি শীর্ষ কোণে চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু কার্বনের সঙ্গে যোজক দ্বারা যুক্ত। মিথেনের H—C—H যোজক কোণের (Bond angle) মান 109°28'।

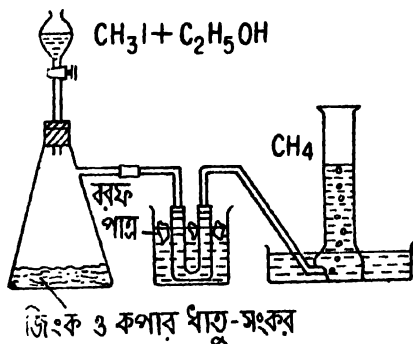
রসায়নাগারে প্রস্তুতি : 1. এক ভাগ ওজনের গলিত (Fused) সোডিয়াম অ্যাসিটেটের সঙ্গে তিনভাগ সোডালাইম মিশিয়ে একটি শক্ত কাচনলে নেওয়া হয়। কাচনলটির সঙ্গে একটি নির্গম নল যুক্ত থাকে। নির্গম নলটির শেষ প্রান্ত গ্যাসদ্রোনীর জলের মধ্যে ডোবানো থাকে, যার উপরে জলপূর্ণ গ্যাস-জার থাকে। এখন মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম অ্যাসিটেট সোডলাইমের সঙ্গে বিক্রিয়া করে মিথেন উৎপন্ন করে, যা জলের নিম্ন অপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হবে।

চিত্র 28

এইভাবে উৎপন্ন মিথেনে ইথিলিন ও হাইড্রোজেন অশুদ্ধি হিসেবে থাকে, যাকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়ে পরিচালিত করে ইথিলিনকে দূর করা যায় এবং প্যালাডিয়াম ধাতু ব্যবহার করে হাইড্রোজেনকে মুক্ত করা যেতে পারে।

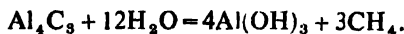
$$CH_3{\cdot}COONa + NaOH \xrightarrow{\Delta} CH_4 + Na_2CO_3$$

2. **বিশুদ্ধ মিথেন প্রস্তুতি :** কোহলের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে দস্তা-তামা যুগলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ তাপমাত্রায় মিথাইল আয়োডাইডকে বিজারিত করে বিশুদ্ধ মিথেন উৎপন্ন করে।

$$CH_3I + 2H \xrightarrow[C_2H_5OH/H_2O]{Zn/Cu} CH_4 + HI$$

পার্শ্বনলযুক্ত শঙ্কুকূপীতে (Conical flask) দস্তা-তামা যুগল নিয়ে কূপীর মুখটিতে বিন্দুপাতী ফানেল কর্কের সাহায্যে লাগান থাকে। পার্শ্বনলটির সঙ্গে একটি নির্গম নল যুক্ত থাকে, যার সঙ্গে একটি U-নল যুক্ত থাকে এবং U-নলের অপর প্রান্তে যুক্ত নির্গম নলটি গ্যাসদ্রোণীতে রক্ষিত জলপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে প্রবেশ করান থাকে। U-নলটি একটি হিমমিশ্র বিকারের মধ্যে থাকে। বিন্দুপাতী ফানেলে মিথাইল আয়োডাইডের কোহলীয় দ্রবণ নেওয়া হয় এবং তা আস্তে আস্তে Zn/Cu যুগলের উপর যোগ করা হয়। এতে সাধারণ উষ্ণতায় বিশুদ্ধ মিথেন উৎপন্ন হবে এবং তা U-নলের মধ্যে প্রবাহিত হয়ে গ্যাসজারে সংগৃহীত হবে। এই মিথেনের সঙ্গে কিছুটা মিথাইল আয়োডাইড বাষ্পীভূত হয়ে চলে আসবে যা U-নলেতে ঠাণ্ডায় তরলে পরিণত

হয়ে থাকবে। ফলে বিশুদ্ধ মিথেন গ্যাসজারে সঞ্চিত হবে। বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করতে অনেক সময় U-নলে Zn/Cu যুগল নেওয়া হয়। Zn/Cu যুগলের পরিবর্তে Al/Hg (অ্যালুমিনিয়াম পারদ সংকর) ব্যবহার করা যেতে পারে।

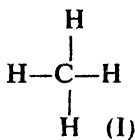
চিত্র 29

মিথাইল আয়োডাইডের পরিবর্তে ইথাইল আয়োডাইড নিলে বিশুদ্ধ ইথেন পাওয়া যাবে।

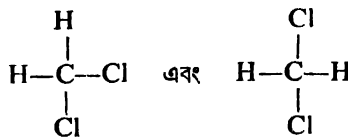
3. অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডের সঙ্গে জল বা অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় মিথেন প্রস্তুত করা যায়।

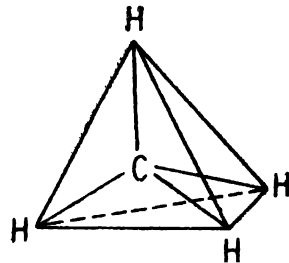
$$Al_4C_3 + 12H_2O = 4Al(OH)_3 + 3CH_4.$$

ভৌত ধর্ম: মিথেন বর্ণহীন, গন্ধহীন অবিষাক্ত গ্যাস। জলে অতি অল্প পরিমাণে দ্রাব্য, কিন্তু জৈব দ্রাবক যেমন কোহল, ইথার, বেনজিন ইত্যাদিতে দ্রাব্য। মিথেনের স্ফুটনাঙ্ক $-161{\cdot}4°C$ এবং গলনাঙ্ক $-184°C$। যৌগ গ্যাসের মধ্যে মিথেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব সবচেয়ে কম।

রাসায়নিক ধর্ম: রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অত্যন্ত নিষ্ক্রিয়। অ্যাসিড, ক্ষার, পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের মিথেনের উপর কোনরূপ ক্রিয়া নেই। বায়ুর অনুপস্থিতিতে 1000°C-এর নিচে মিথেনকে উত্তপ্ত করলে কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। মিথেনের অন্যান্য রাসায়নিক ধর্ম অ্যালকেনের সাধারণ ধর্মে আলোচিত হয়েছে।

গঠন: মিথেনের আণবিক সংকেত CH_4। মিথেনের চারটি হাইড্রোজেনের যে কোন একটিকে অন্য মূলক (X) দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে কেবলমাত্র এক ধরনের

যৌগ CH_3X পাওয়া যায়। সুতরাং মিথেনের সব হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি সদৃশ। অতএব মিথেনের (কার্বন পরমাণু যোজ্যতা চার ধরে) গঠন হবে (I)-এর ন্যায়। কিন্তু মিথেনের গঠন এরকম (I) হলে দুপ্রকার CH_2Cl_2 প্রতিস্থাপিত যৌগ পাওয়া যাবে। যেমন—

```
    H
    |
H — C — H
    |
    H    (I)
```

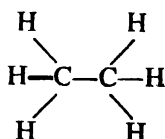
```
    H                 Cl
    |                 |
H — C — Cl   এবং  H — C — H
    |                 |
    Cl                Cl
```

কিন্তু এক রকম মেথিলিন ক্লোরাইড পাওয়া যায়। সুতরাং মিথেনের গঠনটি দুই মাত্রিক (two dimensional) হতে পারে না।

এখন যদি মিথেনের কার্বন পরমাণু সমচতুষ্ফলকের কেন্দ্রে থাকে এবং কার্বন পরমাণুর চারটি যোজ্যতা সমচতুষ্ফলকের চার কোণে নির্দেশিত হয় এবং প্রতি যোজ্যতা যদি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যোজক সৃষ্টি করে তবে সমচতুষ্ফলকের চার কোণে 4টি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকবে। মিথেনের গঠন ত্রিমাত্রিক হবে, ফলে মিথেনের যে কোন দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু অন্য পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে সদৃশ যৌগ উৎপন্ন করবে। মিথেনের এই ত্রিমাত্রিক গঠনে যে কোন H—C—H-এর যোজক কোণের মান হবে 109°28′। এবং H—C যোজক দৈর্ঘ্য (Bond length) 1·09Å হবে।

চিত্র 30

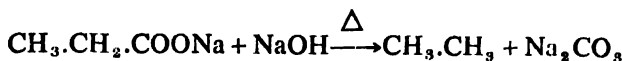
মিথেনের ব্যবহার : উত্তপ্ত করলে মিথেন ভেঙ্গে গিয়ে হাইড্রোজেন গ্যাস ও সূক্ষ্ম কার্বন কণায় (ভুসাকালি) পরিণত হয়। প্রাকৃতিক গ্যাস যাতে মিথেন আছে তার থেকে প্রচুর হাইড্রোজেন গ্যাস ও ভুসাকালি পাওয়া যায়। হাইড্রোজেন অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে এবং অন্যান্য শিল্পে ব্যবহার করা যেতে পারে। আর ভুসাকালি ছাপার কাজে, রাবার শিল্পে, টায়ার ও রঞ্জন শিল্পে ব্যবহার করা হয়।

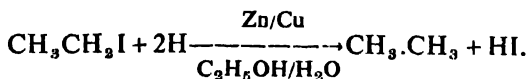
এছাড়া মিথেন থেকে মিথাইল ক্লোরাইড, মেথিলিন ক্লোরাইড, ফরম্যালডিহাইড, মিথানল ইত্যাদি প্রস্তুত করা যায়।

ইথেন (Ethane) C_2H_6

```
H       H
 \     /
H—C—C—H
 /     \
H       H
```

প্রাকৃতিক গ্যাসে এবং তৈলকূপ থেকে পাওয়া গ্যাসে মিথেনের সঙ্গে ইথেনও পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : (1) সোডিয়াম প্রোপিয়নেটকে সোডালাইম দিয়ে উত্তপ্ত করে ইথেন পাওয়া যায়। (মিথেন যেভাবে প্রস্তুত করা হয়)।

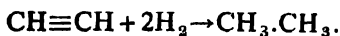
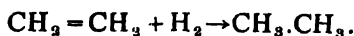
$$CH_3.CH_2.COONa + NaOH \xrightarrow{\Delta} CH_3.CH_3 + Na_2CO_3$$

(2) কোহলের জলীয় দ্রবণ ও দস্তা-তামা যুগলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দিয়ে ইথাইল আয়োডাইডকে বিজারিত করে বিশুদ্ধ ইথেন পাওয়া যায়।

$$CH_3CH_2I + 2H \xrightarrow[C_2H_5OH/H_2O]{Zn/Cu} CH_3.CH_3 + HI.$$

(3) মিথাইল হ্যালাইডের ইথার দ্রবণকে ধাতব সোডিয়াম দিয়ে উত্তপ্ত করে ইথেন প্রস্তুত করা যায়। (ভার্জ বিক্রিয়া)

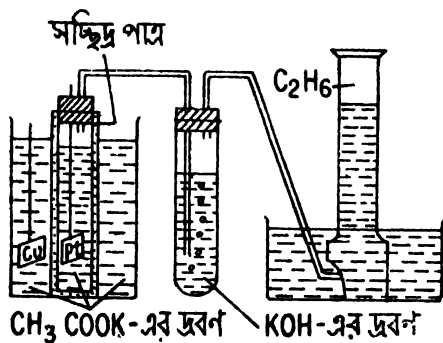
$$2CH_3X + 2Na \rightarrow CH_3.CH_3 + 2NaX.$$

(4) উত্তপ্ত নিকেল চূর্ণের উপস্থিতিতে ইথিলিন বা অ্যাসিটিলিনকে হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত করে ইথেন পাওয়া যায়—

$$CH_2 = CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3.CH_3.$$

$$CH \equiv CH + 2H_2 \rightarrow CH_3.CH_3.$$

5. **কোলবে পদ্ধতি দিয়ে :** সোডিয়াম বা পটাশিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন, KOH এবং অ্যানোডে ইথেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2CH_3COOK + 2H_2O \rightarrow CH_3.CH_3 + CO_2 + H_2 + KOH.$$

পোর্সিলেনের একটি সচ্ছিদ্র পাত্র বড় বিকারের মধ্যে বসান থাকে। বিকার ও সচ্ছিদ্র পাত্রের মধ্যে পটাশিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণ নেওয়া হয়। পোর্সিলেন

চিত্র 31

পাত্রের মুখটিতে কর্কের সাহায্যে একটা নির্গম নল লাগান থাকে। বিকারের দ্রবণের মধ্যে কপার ক্যাথোড এবং সচ্ছিদ্র পাত্রের দ্রবণের মধ্যে প্লাটিনাম অ্যানোড নিমজ্জিত রাখা হয়। এখন তড়িৎদ্বার দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করলে অ্যানোডে ইথেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস মিশ্রণকে কস্টিক পটাশ দ্রবণের মধ্যে পরিচালিত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত হবে এবং ইথেন জলের নিম্ন অপসারণ দিয়ে গ্যাসজারে সংগৃহীত হবে।

ধর্ম

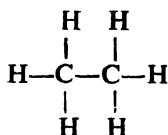
ভৌত ধর্ম ঃ মিথেনের ন্যায় ইথেনও বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাসীয় (সাধারণ তাপমাত্রায়) পদার্থ। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কোহল, ইথার, বেনজিন ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। ইথেনের স্ফুটনাঙ্ক $-88 \cdot 3°C$ এবং গলনাঙ্ক $-172°C$।

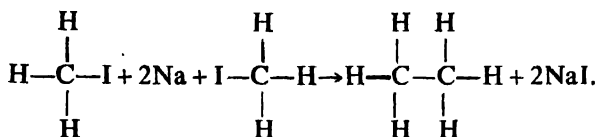
রাসায়নিক ধর্ম ঃ ইথেনের ধর্ম অ্যালকেনের সাধারণ ধর্মের ন্যায়, যা পূর্বে উল্লেখ আছে।

ব্যবহার ঃ ইথেনের তেমন ব্যবহার নেই। তবে অনেক সময় ধাতু গলাবার জন্য ইথেন ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

গঠন ঃ ইথেনের বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে দেখা যায় যে, এর আণবিক

সংকেত C_2H_6। কার্বনের চার এবং হাইড্রোজেনের এক যোজ্যতা হলে ইথেনের গঠন হবে ঃ

$$\begin{array}{ccccc} & & H & & H & \\ & & | & & | & \\ H & — & C & — & C & — & H \\ & & | & & | & \\ & & H & & H & \end{array}$$

ইথেনের এই গঠন ভার্জ বিক্রিয়া দিয়ে সনাক্ত করা যায় (CH_3I এবং Na-এর বিক্রিয়ায়) ঃ

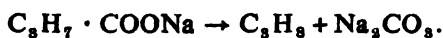
$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H—C—I \\ | \\ H \end{array} + 2Na + \begin{array}{c} H \\ | \\ I—C—H \\ | \\ H \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} H \quad H \\ | \quad\; | \\ H—C—C—H \\ | \quad\; | \\ H \quad H \end{array} + 2NaI.$$

ইথেন সংপৃক্ত যৌগ। সুতরাং ইথেনের প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণু অপর 4টি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত। অতএব প্রত্যেক কার্বন পরমাণুর sp^3 হাইব্রিডাইজড (Hybridised) অবস্থায় থাকবে। প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণুর যোজকগুলি সমচতুষ্ফলকের চারটি কোণের দিকে নির্দেশিত হবে। ফলে ইথেনের গঠন ত্রিমাত্রিক হবে। প্রত্যেক কার্বন পরমাণুর সঙ্গে তিনটি হাইড্রোজেন ও একটি কার্বন পরমাণু যুক্ত থাকবে। ফলে প্রত্যেক কার্বন পরমাণুর একটি sp^3 অরবাইটাল (Orbital) অপরটির সঙ্গে অধিক্রমণ (Overlap) করে σ (সিগমা) বন্ধ (Bond) বা যোজক উৎপন্ন করে এবং প্রত্যেক কার্বন পরমাণুর অপর তিনটি sp^3 অরবাইটাল প্রত্যেকটি হাইড্রোজেনের 's' অরবাইটালের সঙ্গে অধিক্রমণ করে তিনটি σ যোজক উৎপন্ন করে।

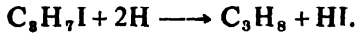
এখানে H—C যোজকের দৈর্ঘ্য 1·1Å এবং C—C যোজক দৈর্ঘ্য 1·5Å এবং H—C—H বা H—C—C যোজক কোণ হবে 109°28'।

প্রোপেন (Propene) C_3H_8

প্রাকৃতিক ও তৈলকূপের গ্যাসের অন্যতম উপাদান হল প্রোপেন।

প্রস্তুতি ঃ (1) সোডিয়াম বিউটেরেটকে ($C_3H_7 \cdot COONa$) সোডালাইম দিয়ে উত্তপ্ত করে প্রোপেন প্রস্তুত করা যায়।

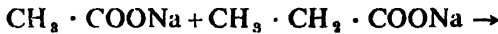
$$C_3H_7 \cdot COONa \rightarrow C_3H_8 + Na_2CO_3.$$

(2) জায়মান হাইড্রোজেন দিয়ে প্রোপাইল আয়োডাইডকে বিজারিত করে প্রোপেন প্রস্তুত করা যায়।

$$C_3H_7I + 2H \longrightarrow C_3H_8 + HI.$$

(3) ইথাইল হ্যালাইড ও মিথাইল আয়োডাইডের ইথার দ্রবণকে সোডিয়াম দিয়ে উত্তপ্ত করে প্রোপেন প্রস্তুত করা যায়।

$$C_2H_5I + 2Na + ICH_3 \quad CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_3 + 2NaI$$

পার্শ্ব বিক্রিয়ার (Side reaction) জন্য উৎপন্ন প্রোপেনের পরিমাণ কম হয়। এই বিক্রিয়ায় প্রোপেনের সঙ্গে ইথেন ও বিউটেন পাওয়া যায়।

(4) সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও প্রোপিয়নেটের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলেও প্রোপেন পাওয়া যায়। এক্ষেত্রেও পার্শ্ব বিক্রিয়ার জন্য উৎপন্ন প্রোপেনের পরিমাণ কম হয়।

$$CH_3 \cdot COONa + CH_3 \cdot CH_2 \cdot COONa \rightarrow$$
$$CH_3 \cdot CH_2CH_3 + CO_2 + H_2 + NaOH$$

প্রোপেনের সঙ্গে ইথেন ও বিউটেনও উৎপন্ন হয়।

ধর্ম ঃ প্রোপেন বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক $-44 \cdot 5°C$। প্রোপেনের রাসায়নিক ধর্ম ইথেন ও মিথেনের মত। প্রোপেনের তেমন ব্যবহার নেই।

বিউটেন C_4H_{10}

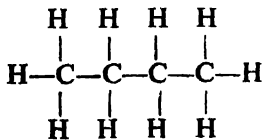
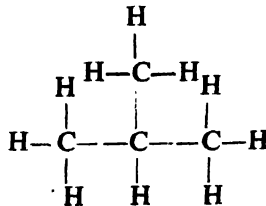
বিউটেনের দুটি সমাবয়ব (গঠন ঘটিত) সম্ভব এবং দুটি সমাবয়বই জানা আছে। একটি সরল শৃঙ্খল বা নরমাল বিউটেন এবং অপরটি শাখাযুক্ত বিউটেন, যাকে আইসো-বিউটেন বা 2-মিথাইল প্রোপেন বলে।

```
   H   H   H   H
   |   |   |   |
H—C—C—C—C—H
   |   |   |   |
   H   H   H   H
```

$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$

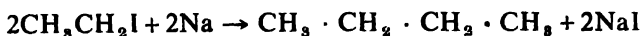
n-বিউটেন

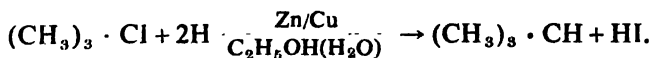
```
          H
          |
     H H—C—H H
     |    |    |
H—C——C——C—H
     |    |    |
     H    H    H
```

$$CH_3 \cdot \overset{\displaystyle CH_3 \atop |}{CH} \cdot CH_3$$

আইসোবিউটেন বা 2-মিথাইল প্রোপেন

দুপ্রকার বিউটেনকে প্রাকৃতিক বা পেট্রোলিয়াম গ্যাসে পাওয়া যায় এবং ঐ গ্যাস দুটি থেকে আংশিক পাতন করে আলাদা করা হয়।

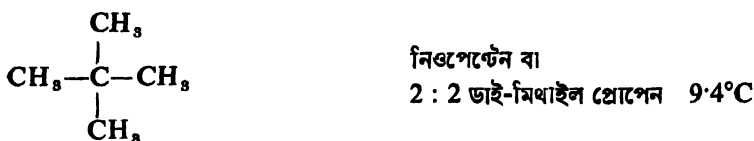
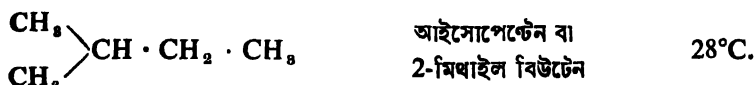
ইথাইল আয়োডাইডের সঙ্গে সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় n-বিউটেন প্রস্তুত করা হয়। (ভার্জ বিক্রিয়ার দ্বারা)

$$2CH_3CH_2I + 2Na \rightarrow CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3 + 2NaI$$

টার্সিয়ারী বিউটাইল আয়োডাইডকে জায়মান হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত করে প্রস্তুত করা হয় আইসোবিউটেন।

$$(CH_3)_3 \cdot CI + 2H \xrightarrow[C_2H_5OH(H_2O)]{Zn/Cu} (CH_3)_3 \cdot CH + HI.$$

n-বিউটেন এবং আইসোবিউটেন উভয়েই বর্ণহীন গ্যাস স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে $-0{\cdot}5°C$ এবং $-10{\cdot}2°C$। গ্যাসীয়-জ্বালানী হিসেবে উভয়ে ব্যবহৃত হয়।

পেণ্টেন সমূহ C_5H_{12}

C_5H_{12} আণবিক সংকেত বিশিষ্ট যৌগের তিনটি সমাবয়ব সম্ভব এবং তিনটিই জানা আছে। যেমন,

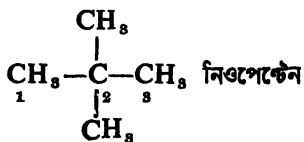
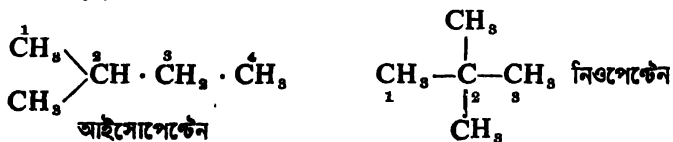
		স্ফুটনাঙ্ক
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$	n-পেণ্টেন	36°C.
$(CH_3)_2 > CH \cdot CH_2 \cdot CH_3$	আইসোপেণ্টেন বা 2-মিথাইল বিউটেন	28°C.
$CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$	নিওপেণ্টেন বা 2 : 2 ডাই-মিথাইল প্রোপেন	9·4°C

প্রাকৃতিক বা পেট্রোলিয়াম গ্যাসে পেণ্টেন সমূহকে পাওয়া যায়।

কোন জৈব যৌগে অবস্থিত কোন কার্বন পরমাণু যখন অপর একটি, দুটি, তিনটি এবং চারটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে সেই কার্বন পরমাণুকে যথাক্রমে প্রাথমিক (Primary), দ্বিতীয়ক (Secondary) তৃতীয়ক (Tertiery), চতুর্থক (Quaternary) কার্বন বলে। যেমন

$$\overset{1}{C}H_3 (CH_3) > \overset{2}{C}H \cdot \overset{3}{C}H_2 \cdot \overset{4}{C}H_3$$

আইসোপেণ্টেন

$$\underset{1}{CH_3}-\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{\underset{2}{C}}}-\underset{3}{CH_3}$$

নিওপেণ্টেন

আইসোপেণ্টেনের তিনটি মিথাইল মূলকের কার্বন পরমাণু প্রাথমিক কার্বন এবং 3 নং কার্বন পরমাণুটি দ্বিতীয়ক এবং 2 নং কার্বন পরমাণুটি তৃতীয়ক কার্বন পরমাণু। আর নিওপেণ্টেনের 2 নং কার্বন পরমাণুটি চতুর্থক কার্বন।

কিছু প্যারাফিনের স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব

নাম	সংকেত	স্ফুটনাঙ্ক °C	গলনাঙ্ক °C	আপেক্ষিক গুরুত্ব
মিথেন	CH_4	– 164	– 184	0·554
ইথেন	C_2H_6	– 89	– 172	0·546
প্রোপেন	C_3H_8	– 44	– 190	0·585
n-বিউটেন	C_4H_{10}	– 0·6	– 135	0·604
আইসোবিউটেন	"	– 10·2	– 145	0·604
n-পেণ্টেন	C_5H_{12}	36	– 130	0·630
আইসোপেণ্টেন	"	28	– 160	0·620
নিওপেণ্টেন	"	9·5	– 19·5	0·613

পেট্রোলিয়াম (Petroleum) বা খনিজ তেল (Mineral oil)

পেট্রোলিয়াম শব্দটা Petrae মানে rock (পাথর) oleum মানে oil (তেল) থেকে এসেছে। আর এর জন্য একে খনিজ তেল বলে। খনিজ তেল পাললিক শিলার (Sedimentary rocks) খাঁজে বালির সঙ্গে থাকে। খনিজ তেল প্রধানত সংপৃক্ত হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ। খনিজ তেলে অল্প পরিমাণে অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন, নাইট্রোজেন এবং সালফার ঘটিত যৌগ বর্তমান থাকে। খনিজ তেল সাধারণত ভূপৃষ্ঠের অনেক নিচে ডোম (Dome) আকৃতির অভেদ্য শীলার খাঁজে বালি ও নোনা জলের (Brine water) সঙ্গে থাকে। এর সঙ্গে প্রাকৃতিক গ্যাস (Natural gas)-ও থাকে। প্রাকৃতিক গ্যাস গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ যাতে মিথেন সবচেয়ে বেশি পরিমাণে থাকে।

প্রাকৃতিক গ্যাস ঃ প্রাকৃতিক গ্যাস পেট্রোলিয়ামের সঙ্গে পাওয়া গেলেও অনেক সময় পেট্রোলিয়াম ছাড়া এই গ্যাস পৃথিবীর অভ্যন্তরে পাওয়া যায়। প্রাকৃতিক গ্যাসে সাধারণত C_1 থেকে C_6 প্যারাফিন পাওয়া যায়। যদিও বিভিন্ন উৎস থেকে প্রাপ্ত এই গ্যাসে বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন বিভিন্ন পরিমাণে থাকে। তবে অ্যালকেনের

আণবিক গুরুত্ব বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে তার শতকরা পরিমাণও কমে আসে। প্রাকৃতিক গ্যাসে মিথেন প্রায় 80%, ইথেন 13%, প্রোপেন 3% এবং বিউটেন 1% এবং অন্যান্য অ্যালকেন খুব কম পরিমাণে থাকে। এছাড়া প্রাকৃতিক গ্যাসে নাইট্রোজেন, জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইডও পাওয়া যায়।

প্রাকৃতিক গ্যাস রান্নার কাজে গ্যাসীয় জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া, এই গ্যাস থেকে ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ইত্যাদি এবং আজকাল অ্যামোনিয়া প্রস্তুতের জন্য হাইড্রোজেন ও কার্বন ব্ল্যাক প্রস্তুত করা হয়।

প্রাকৃতিক গ্যাস ও পেট্রোলিয়াম উৎপত্তির কারণ ঃ যদিও এদের উৎপত্তির সঠিক কারণ জানা নেই। তবে দুই ধরনের মতবাদ এই বিষয়ে আছে।

(i) ধাতব কার্বাইডের উপর জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোকার্বনগুলি থেকে পেট্রোলিয়ামের উৎপত্তি। কিন্তু নানা কারণে এই তত্ত্বের অসঙ্গতি লক্ষ্য করা যায়।

(ii) জলজ উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ অধিক তাপে জীবাণু দ্বারা বিয়োজনের ফলে পেট্রোলিয়ামের উৎপত্তি। প্রাগৈতিহাসিক কাল থেকে প্রচুর পরিমাণে এই সকল সামুদ্রিক উদ্ভিদ ও প্রাণী যেমন অ্যালগি, প্যাঙ্কটন, মাছ, ঝিনুক ইত্যাদি সমুদ্রের তলায় জমা হয় এবং বালি, মাটি ইত্যাদি এদের মৃতদেহের উপর জমা পড়ে। ফলে এদের মৃতদেহের সঙ্গে বাতাসের সংযোগ থাকে না। লক্ষ লক্ষ বছর ধরে বাতাসের অবর্তমানে জীবাণুগুলি এদের দেহের অন্যান্য অংশ নিঃশোষিত করলেও চর্বি এবং তেল জাতীয় পদার্থের কিছু হয় না এবং এরাই কালক্রমে পেট্রোলিয়ামে রূপান্তরিত হয় এবং বালি ও নোনা জলের সঙ্গে মাটির অনেক নিচে ডোম আকৃতির পাহাড়ের খাঁজে আটকে থাকে। নানা কারণে এই তত্ত্বটির সঙ্গতি লক্ষ্য করা যায়।

পেট্রোলিয়ামের বৈশিষ্ট্য ঃ পেট্রোলিয়াম কূপ থেকে পাওয়া পেট্রোলিয়াম সাধারণত কালো রঙের সান্দ্র (Viscous) তরল। অবশ্য বিভিন্ন উৎসে পেট্রোলিয়ামের বৈশিষ্ট্যেরও পার্থক্য হয়।

পেট্রোলিয়ামের উপাদান ঃ তিন ধরনের হাইড্রোকার্বন পেট্রোলিয়ামে পাওয়া যায়। (i) অ্যালকেন বা প্যারাফিন (ii) সাইক্লোপ্যারাফিন যাকে পেট্রোলিয়াম শিল্পে ন্যাপথিন (Naphthenes) বলে (iii) অ্যারোম্যাটিক যৌগ।

(i) উৎসের তারতম্য অনুসারে পেট্রোলিয়ামে 30-70% অ্যালকেন থাকে। এই অ্যালকেনগুলি সরল শৃঙ্খলিত বা শাখাযুক্ত হতে পারে। অ্যালকেনগুলি গ্যাসীয়, তরল বা কঠিন অবস্থায় বা দ্রবীভূত অবস্থায় থাকতে পারে।

(ii) উৎসের তারতম্য অনুসারে পেট্রোলিয়ামে 16-64% ন্যাপথিন বা সাইক্লো-প্যারাফিন থাকতে পারে। এতে মিথাইল সাইক্লোপেণ্টেন, ডাই-মিথাইল সাইক্লোপেণ্টেন, সাইক্লোহেক্সেন এবং মিথাইল সাইক্লোহেক্সেন ইত্যাদি পাওয়া যায়।

(iii) 8-15% অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বন পেট্রোলিয়ামে পাওয়া যায়। বেনজিন, টলুইন, জাইলিন সমূহ ও ন্যাপথিলিন এই অ্যারোম্যাটিক হাইড্রোকার্বনের প্রধান উপাদান।

এছাড়া পেট্রোলিয়ামে সালফার যৌগ মারক্যাপটান (Marcaptans), সালফাইড, নাইট্রোজেন যৌগ পিরিডিন, পাইরোল, কুইনোলিন ইত্যাদি এবং অক্সিজেন যৌগ কোহল, ফিনল ইত্যাদি পাওয়া যায়। অনেক পেট্রোলিয়ামে কিছু কিছু খনিজ পাওয়া যায়।

পেট্রোলিয়াম খনি খনন ঃ ভূ-তাত্ত্বিক সমীক্ষা এবং নানারকম পরীক্ষা-নিরীক্ষার পর যেখানে পেট্রোলিয়াম পাওয়ার সম্ভাবনা সবচেয়ে বেশি সেখানে তৈলকূপ খনন করা হয়। যে লোহার কাঠামোর সাহায্যে কূপ খনন করা হয় তাকে ডেরিক (Derrick) বলে। এই ডেরিকের থেকে নানা রকম খনন যন্ত্রের সাহায্যে স্টিল-পাইপ বসানো হয়, অনেকটা নলকূপ বসানোর মত। তবে এখানে ব্যাপারটা অনেক ব্যাপক। একবার পাইপ বসাতে আরম্ভ করলে তা যতক্ষণ পর্যন্ত না তেলের স্তরে পৌঁচচ্ছে ততক্ষণ অবিশ্রান্তভাবে ক্রমাগত বসিয়ে যাওয়া হয়।

তেলের স্তরে পাইপ পৌঁছে গেলে প্রাকৃতিক গ্যাসের প্রবল চাপে তেল পাইপ দিয়ে প্রবল বেগে পৃথিবীর উপরে চলে আসে। গ্যাসের চাপ কমে গেলে তেল ওঠার হারও কমে আসে, তখন তৈলকূপে বাতাস ঢুকিয়ে কৃত্রিম উপায়ে চাপ বাড়িয়ে উপরে তেল তোলা হয়।

খনি থেকে পাওয়া এই পেট্রোলিয়ামকে অপরিশোধিত (Crude) তেল বলে, যাতে প্রচুর জল অবদ্রব (Emulsion) আকারে থাকে। এই অপরিশোধিত তেলকে তৈল ক্ষেত্র (Oil field) থেকে পাইপলাইনের সাহায্যে দূরবর্তী কোন তৈল শোধনাগারে (Oil refineries) নিয়ে যাওয়া হয়। এখানে অপরিশোধিত তেলকে (যা জলের সঙ্গে অবদ্রব হিসেবে থাকে) গরম করলে অবদ্রব থেকে তেল জলের উপরে ভেসে ওঠে। এই তেলকে পাম্প করে নিয়ে আংশিক পাতন করে বিভিন্ন তাপাংকে বিভিন্ন পদার্থ পাওয়া যায়, যাদের বিভিন্ন কাজে প্রয়োজন হয়।

আংশিক পাতনে জলমুক্ত অপরিশোধিত তেলকে প্রথমে টিউব স্টীলে (Tube still) 400°C গরম করে সেল্ভস ও ভাল্‌ব (Slelves & valves) যুক্ত লম্বা

পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে প্রাপ্ত পদার্থসমূহ

নাম	স্ফুটনাঙ্ক °C	মোটামুটি গঠিত উপাদান C-পরমাণুর সংখ্যা	ব্যবহার
1. সাইমোজেন এবং রিগোলিন	30 পর্যন্ত	4-5	হিমায়নকারী পদার্থ, অচৈতন্যকারী পদার্থ ও জ্বালানী
2. গ্যাসোলিন (Straight run gasoline) বা পেট্রোল	30-200	5-11	বিমান ও মোটর-যানের জন্য ব্যবহৃত তরল জ্বালানি
(i) পেট্রোলিয়াম ইথার	30-70	5-6	দ্রাবক
(ii) বেনজাইন	70-90	6-7	দ্রাবক হিসেবে এবং গরম শোষক ধোয়ার জন্য
(iii) লিগ্রোইন	80-120	6-8	দ্রাবক
3. কেরোসিন	200-300	12-16	আলোর জন্য এবং তরল জ্বালানী (স্টোভ) এবং জেট ইঞ্জিনের জ্বালানী হিসেবে
4. গ্যাস তেল বা ডিজেল তেল	300-400	13-18	ডিজেল ইঞ্জিনের জ্বালানী হিসেবে
5. অবশেষ তরল অনুপ্রেষ পাতনে পাওয়া যায়	400 উপর		
(i) পিচ্ছিলকারক তেল (Lubricating oil)	"	16-20	পিচ্ছিলকারী পদার্থ হিসেবে
(ii) ভেজলিন	"	18-22	মলম এবং প্রসাধন প্রস্তুতিতে
(iii) প্যারাফিন মোম	"	20-30	মোমবাতি এবং কাগজের উপর লাগাতে
6. অবশেষ (বিটুমিন বা পিচ)	"	30-40	রাস্তার কাজে এবং রঞ্জন পদার্থ প্রস্তুতিতে

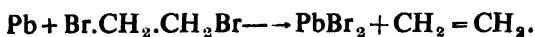
স্তম্ভের তলায় ঢেলে দেওয়া হয়। 400°C-এ অপরিশোধিত তেলের বিভিন্ন উপাদানের বাষ্প স্তম্ভের উপর ওঠবার সময় ঠাণ্ডা হতে থাকবে এবং অধিক স্ফুটনাঙ্কের তরল প্রথমে ঘনীভূত হবে এবং ক্রমান্বয়ে কম স্ফুটনাঙ্কের তরলগুলি পরপর স্তম্ভের বিভিন্ন উচ্চতায় ঘনীভূত হবে। ফলে বিভিন্ন সেল্ভস থেকে বিভিন্ন তরল পাওয়া যাবে। আর 400°C-এ যে পদার্থ বাষ্পীভূত হয় না তা স্তম্ভের তলদেশ থেকে অবশেষ (Residue) পদার্থ হিসেবে বার হয়ে যায়।

পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে প্রাপ্ত বিভিন্ন অংশকে নির্দিষ্ট কাজে ব্যবহারের জন্য বিশেষভাবে পরিশোধনের (Refining) প্রয়োজন হয়। বিশেষ করে বিভিন্ন অংশে সালফার যৌগ থাকলে তা অবশ্যই দূর করতে হয়। পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে প্রাপ্ত গ্যাসোলিন বা পেট্রোল, কেরোসিন, ডিজেল তেল, পিচ্ছিলকারক তেল ইত্যাদিকে বিশেষভাবে পরিশোধন করা হয় এবং বিশেষ বিশেষ পদার্থ মিশিয়ে পেট্রোলের গুণাগুণ বাড়ানো হয়।

অন্তর্দহন (Internal combustion) পেট্রোল ইঞ্জিনে সিলিণ্ডারে যেখানে পেট্রোলের দহন হয়, সেই সিলিণ্ডারে সংনমন অনুপাতের (Compression ratio) মান যত বাড়বে ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা (Efficiency) তত বাড়বে। পেট্রোল ইঞ্জিনের সংনমন অনুপাতের মান যখন সর্বোচ্চ হয় তখন সিলিণ্ডারে অগ্নি স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করে পেট্রোলকে দহন করান হয়। এই অবস্থায় পেট্রোলের সমস্ত অংশ সমানভাবে অর্থাৎ সুষমভাবে না জ্বলে শেষের দিকে বিস্ফোরণ সহকারে জ্বলে এবং এতে ইঞ্জিনে ধাতব আওয়াজের সৃষ্টি হয়। যাকে 'নকিং' (Knocking) বলে। যে পেট্রোলের নকিং ধর্ম যত বেশি সেই পেট্রোলের কার্যক্ষমতা তত কম। অর্থাৎ সেই পেট্রোলের মান তত নিচু। নকিং যে কেন হয় তা সঠিকভাবে বলা না গেলেও এটা দেখা গেছে যে, শাখাযুক্ত (Branched chain) প্যারাফিনের থেকে সরল শৃঙ্খল (Straight chain) প্যারাফিন পেট্রোলে বেশি থাকলে সেই পেট্রোলের নকিংয়ের প্রবণতা অনেক গুণ বেড়ে যায়। n-হেপ্টেনের নকিং ধর্ম সবচেয়ে বেশি এবং 2 : 2 : 4 ট্রাই-মিথাইল পেণ্টেনের [যাকে আইসোঅক্টেন—iso octane বলে] নকিং ধর্ম সবচেয়ে কম। অর্থাৎ n-হেপ্টেনের অ্যাণ্টিনকিং (আঘাত বারক) ধর্ম সবচেয়ে কম এবং আইসো-অক্টেনের সবচেয়ে বেশি। n-হেপ্টেনের অ্যাণ্টিনকিংয়ের মান শূন্য এবং আইসোঅক্টেনের 100 ধরা হয় এবং কোন তরল জ্বালানীর নকিং ধর্ম আইসোঅক্টেন ও n-হেপ্টেনের যে মিশ্রণের সঙ্গে মিলে যাবে, মিশ্রণের আইসোঅক্টেনের শতকরা পরিমাণটি হবে ঐ তরল জ্বালানীর অক্টেন নাম্বার (Octane number)। যে তরল জ্বালানীর অক্টেন নাম্বার যত বাড়বে সেই তরল জ্বালানীটি তত উপযোগী হবে।

কোন তরল জ্বালানীর নকিং ধর্ম 40% আইসোঅক্টেন ও 60% n-হেপ্টেন মিশ্রণের সঙ্গে মিলে যায় তবে ঐ তরল জ্বালানীর অক্টেন নাম্বার হবে 40।

পেট্রোলে ইথিলিন যৌগ এবং অ্যারোম্যাটিক যৌগ থাকলে সেই পেট্রোলের অক্টেন নাম্বার বেশি হয়। আবার টেট্রাইথাইল লেড $[(C_2H_5)_4Pb]$ নামে যৌগটি পেট্রোলের সঙ্গে মিশিয়ে দিলে এটি পেট্রোলকে সুষমভাবে দহনে সাহায্য করে। এতে পেট্রোলের অক্টেন নাম্বার বেড়ে যায়। ফলে এই পেট্রোলটির কার্যক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। টেট্রাইথাইল লেড মেশানো পেট্রোল দহনে সিলিণ্ডারে লেড জমা পড়ে। কিন্তু ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড নামে একটি যৌগ ঐ পেট্রোলের সঙ্গে মিশিয়ে দিলে দহনের সময় সিলিণ্ডারে লেড জমা না পড়ে উদ্বায়ী লেড ব্রোমাইডে পরিণত হয়ে ইঞ্জিনের সিলিণ্ডার থেকে নির্গমন পাইপ (Exhaust pipe) দিয়ে বেড়িয়ে যায়।

$$Pb + Br.CH_2.CH_2Br \longrightarrow PbBr_2 + CH_2 = CH_2.$$

এতে ইঞ্জিনের কার্যক্ষমতা বৃদ্ধি পায়, কিন্তু বাতাসে লেডের পরিমাণ বৃদ্ধি পেতে থাকে। ফলে পরিবেশ দূষণ হতে থাকে। তাই আজকাল টেট্রাইথাইল লেডের পরিবর্তে পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে প্রাপ্ত বিভিন্ন সরল শৃঙ্খল প্যারাফিনকে বিভিন্ন উপায়ে শাখাযুক্ত প্যারাফিনে এবং অ্যারোমাটিক যৌগে পরিবর্তন করে পেট্রোলের অক্টেন নাম্বার বাড়ানো হয়।

গ্যাসোলিন পরিশোধন : পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে প্রাপ্ত গ্যাসোলিনকে বা ভঞ্জনের (Cracking) দ্বারা প্রাপ্ত গ্যাসোলিনকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে ধুয়ে সালফার যৌগকে এবং অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে দূর করা হয়।

গ্যাসোলিনকে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে ধুয়ে থায়োকোহলকে সম্পূর্ণ দূর করে গন্ধ মুক্ত করা হয়। অনেক সময় কস্টিক সোডা দ্রবণের পরিবর্তে সোডিয়াম প্লামবাইট দ্রবণ দিয়ে ধুয়ে গ্যাসোলিনের থায়োকোহলকে ডাই-সালফাইডে পরিণত করা হয়, এতে গন্ধ দূর হয়।

$$2RSH + Na_2PbO_2 + S \rightarrow R—S—S—R + PbS + NaOH.$$

সোডিয়াম প্লামবাইটের পরিবর্তে কিউপ্রিক ক্লোরাইড বা সোডিয়াম হাইপো-ক্লোরাইট ব্যবহারে একই ফল পাওয়া যায়।

এইভাবে গ্যাসোলিনের গন্ধ (বিশ্রী) দূর করার পদ্ধতিকে সুইটনিং (Sweet-ning) করা বলে।

কেরোসিন পরিশোধন : কেরোসিনকে প্রথমে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে, পরে কস্টিক সোডা এবং জল দিয়ে ধুয়ে পরিশোধন করা হয়। এছাড়া তরল

সালফার ডাই-অক্সাইড দিয়ে কেরোসিনের সালফার যৌগ এবং অ্যারোম্যাটিক যৌগ দূর করা হয়। এতে কেরোসিন বর্ণহীন ও বিশ্রী গন্ধমুক্ত হয় এবং কেরোসিন জ্বলাকালে কম ভুসোকালি সৃষ্টি হয়।

ডিজেল তেল পরিশোধন : তরল সালফার ডাই-অক্সাইড দিয়ে ডিজেল তেলকে ধুয়ে সালফার যৌগ দূর করা হয়।

ভঞ্জন (Creaking) : পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে যে গ্যাসোলিন পাওয়া যায় তার পরিমাণ 20% বেশি নয়। তাই গ্যাসোলিনের চাহিদা মেটানোর জন্য পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে প্রাপ্ত উচ্চ স্ফুটনাঙ্কের (উচ্চ আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন) হাইড্রোকার্বনকে বিশেষ প্রক্রিয়ায় অপেক্ষাকৃত কম স্ফুটনাঙ্কের (কম আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন) হাইড্রোকার্বনে পরিণত করাকে ভঞ্জন বলে। এই ভঞ্জন অনুঘটকের সাহায্যে বা সাহায্য ছাড়া উচ্চ তাপাঙ্কে করা হয়।

$$\text{উচ্চ আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন প্যারাফিন} \xrightarrow{\text{ভঞ্জন}} \text{কম আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন প্যারাফিন} + \text{অ্যালকিন} + H_2 \text{ বা } C$$

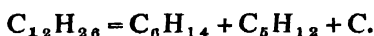
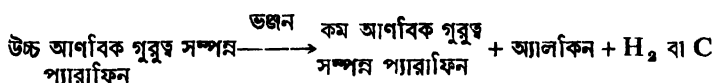
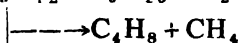
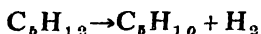
$$C_{12}H_{26} = C_6H_{14} + C_5H_{12} + C.$$

ডোডেকেন n-হেক্সেন

$$C_{11}H_{24} \rightarrow C_6H_{14} + C_5H_{10}.$$

$$C_5H_{12} \rightarrow C_5H_{10} + H_2$$

$$\longrightarrow C_4H_8 + CH_4$$

$$\longrightarrow C_3H_6 + C_2H_6 \quad \text{ইত্যাদি।}$$

ভঞ্জন দুরকমের হতে পারে—(i) তাপভঞ্জন (Thermal craking) (ii) অনুঘটক ভঞ্জন (Catalytic cracking)। কোন প্যারাফিন (উচ্চ আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন) থেকে ভঞ্জনে প্রাপ্ত পদার্থগুলি তাপমাত্রা, অনুঘটকের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতি, চাপ এবং প্যারাফিনের গঠনের উপর নির্ভরশীল।

তাপভঞ্জন : জ্বালানী তেল (Fuel oil) যা ভঞ্জনে প্রাপ্ত অপেক্ষাকৃত কম আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন প্যারাফিনকে কুণ্ডলী আকৃতি পাইপে 400—600°C-এ এবং অধিক চাপে (50 – 1000 পাউণ্ড প্রতি বর্গ ইঞ্চি) তাড়াতাড়ি উত্তপ্ত করে বিক্রিয়া কক্ষে ঢেলে দেওয়া হয়। এখানে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয়। পরে ভঞ্জনকৃত তরলকে আংশিক পাতন করে গ্যাসোলিন ইত্যাদি বিভিন্ন তরল জ্বালানীকে পৃথক করা হয়।

উচ্চ তাপাঙ্কে কেরোসিন তেলকে তাপ ভঞ্জনে গ্যাসীয় জ্বালানীতে পরিণত করা যায়, যা আমাদের রসায়নাগারে গ্যাস বার্নারে ব্যবহার করা হয়। আজকাল

কেরোসিনের পরিবর্তে পেট্রোলকে তাপ ভঞ্জনে গ্যাসীয় জ্বালানীতে পরিণত করে গ্যাস বার্নারে ব্যবহার করা হচ্ছে।

অনুঘটক ভঞ্জন ঃ তাপভঞ্জনের থেকে অনুঘটক ভঞ্জন অনেক বেশি উপযোগী। অনুঘটক ভঞ্জন অনুঘটকের উপস্থিতিতে অনেক কমচাপে করা যায় এবং এতে অবাঞ্ছিত পদার্থের উৎপাদন অনেক কম হয়। অনুঘটক হিসেবে প্রকৃতিতে প্রাপ্ত বিশেষ ধরনের মাটি বা কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত অ্যালুমিনা সিলিকা মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়। অনুঘটককে মিহি গুড়ো অবস্থায় ভঞ্জনে ব্যবহার করা হয়, যাতে ভঞ্জনের পর অনুঘটক উৎপন্ন তরলের সঙ্গে বেড়িয়ে আসতে পারে। এই অনুঘটককে পৃথক করে, সক্রিয় করে পুনরায় বাবহার করা যায়। অনুঘটক ভঞ্জন দ্বারা প্রাপ্ত তরলকে আংশিক পাতনে গ্যাসোলিন ইত্যাদিকে পৃথক করা হয়।

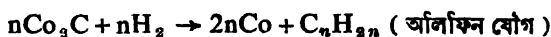
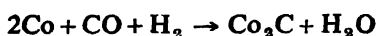
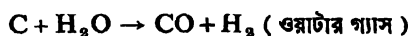
ভঞ্জনের দ্বারা প্রাপ্ত বিভিন্ন গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন থেকে নানাপ্রকার প্রয়োজনীয় জৈব যৌগ প্রস্তুত করা যায়। যাদের আমরা পেট্রো রাসায়নিক যৌগ (Petro chemicals) বলি।

সংশ্লেষণ পেট্রোল (Synthetic petrol) ঃ পৃথিবীতে পেট্রোলিয়ামের সঞ্চয় সীমিত। কিন্তু দৈনন্দিন প্রয়োজনে (মোটরযান, জেটবিমান ইত্যাদির জন্য) প্রতিদিনই পেট্রোলের চাহিদা প্রচুর পরিমাণে বেড়ে যাচ্ছে। এই চাহিদা পূরণের জন্য বিভিন্ন উপায়ে পেট্রোল সংশ্লেষণ করা হয়। (i) কম তাপমাত্রায় কয়লাকে কার্বোনাইজেশান করে (Low temperature carbonization) (ii) ফিসার ট্রপস্চ পদ্ধতি দ্বারা (Fisher Tropsch Process) (iii) বার্জিয়াস পদ্ধতি বা কয়লার হাইড্রোজিনেশান দ্বারা (Bergious Process or Hydrogenation of coal)।

(i) কম তাপমাত্রায় (300° – 500°C) কয়লাকে কার্বোনাইজেশান (অন্তর্ধূম পাতন) করে যে আলকাতরা (Tar) পাওয়া যায় তাতে প্যারাফিন হাইড্রোকার্বন প্রচুর পরিমাণে থাকে। এই আলকাতরাকে আংশিক পাতনে গ্যাসোলিন, ডিজেল তেল ইত্যাদি পাওয়া যায়।

(ii) ফিসার ট্রপস্চ পদ্ধতিতে উত্তপ্ত কয়লার মধ্য দিয়ে জলীয় বাষ্প পাঠিয়ে যে ওয়াটার গ্যাস উৎপন্ন হয় তার সঙ্গে অর্ধেক আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস মেশালে তাকে সংশ্লেষণ গ্যাস (Synthetic gas) বলে। এই সংশ্লেষণ গ্যাসকে 200° – 300°C-এ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে বা তার অধিক চাপে অনুঘটকের উপর পরিচালিত করে যে উৎপন্ন বস্তু পাওয়া যায় তাকে আংশিক পাতনে গ্যাসোলিন,

ডিজেল, কেরোসিন ইত্যাদি পাওয়া যায়। অনুঘটক হিসেবে ধাতব কোবাল্টের গুড়ো, থোরিয়া (ThO_2) কিসেলগারের সঙ্গে ব্যবহার করা হয়।

$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2 \text{ (ওয়াটার গ্যাস)}$$
$$CO + H_2 + H_2 \rightarrow CO + 2H_2 \text{ (সংশ্লেষণ গ্যাস)}$$
$$2Co + CO + H_2 \rightarrow Co_2C + H_2O$$
$$nCo_2C + nH_2 \rightarrow 2nCo + C_nH_{2n} \text{ (অলিফিন যৌগ)}$$
$$C_nH_{2n} + H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2} \text{ (প্যারাফিন)}$$

বার্জিয়াস পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে কয়লাকে গুড়ো করে উচ্চ স্ফুটনাঙ্কের তেল (যা পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে পাওয়া যায়) বা গুরুভার তেল (Heavy oil) দিয়ে মেখে লেইয়ের মত করা হয়। 250 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 400° – 500°C-এ এবং অনুঘটকের উপস্থিতিতে কয়লার এই লেইকে হাইড্রোজেন দিয়ে হাইড্রোজিনেশান করা হয়। এতে যে তরল পদার্থ উৎপন্ন হয়, তাকে আংশিক পাতনে পেট্রোল, মধ্যম গুরুভার সম্পন্ন তেল (Middle oil) এবং গুরুভার তেল পাওয়া যায়। অনুঘটক হিসেবে জৈব টিন যৌগ এবং মলিবডেনাম যৌগ ব্যবহার করা হয়। মধ্যম গুরুভার তেলকে ভঞ্জনে অধিক পরিমাণে পেট্রোল পাওয়া যায় এবং গুরুভার তেল কয়লা গুড়োর সঙ্গে মিশিয়ে লেই প্রস্তুত করা হয়।

যে দেশে প্রচুর পরিমাণে ভালো জাতের কয়লা আছে সেই দেশে সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে পেট্রোল প্রস্তুত সম্ভব।

অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন সমূহ (Unsaturated Hydrocarbons)

অলিফিনসমূহ বা অ্যালকিন সমূহ বা অ্যালকাইলিন সমূহ (Olefins, Alkenes or Alkylenes) ঃ একটি দ্বিবন্ধ বা দ্বিযোজক (Double Bond) বিশিষ্ট অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বনকে অলিফিন বলে। ইথিলিন হল সরলতম অলিফিন ($CH_2 = CH_2$) এবং এই সমগণীয় শ্রেণীকে 'ইথিলিন গোষ্ঠী বা শ্রেণী' বলে। ইথিলিন শ্রেণীর সাধারণ সংকেত C_nH_{2n}। এই শ্রেণীকে অনেক সময় 'অলিফিন বা অ্যালকিন শ্রেণীও বলা হয়। আর এই শ্রেণীতে অবস্থিত দ্বিযোজককে 'ইথিলিন যোজক বা বন্ধ' অথবা 'অলিফিন যোজক' বলে।

ইথিলিন শ্রেণীর যৌগগুলি অ্যালকেনের থেকে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বেশি সক্রিয় এবং নিম্নতর সদস্যদের কোল গ্যাসে অল্প পাওয়া যায় এবং প্রকৃতিতে খুবই কম পাওয়া যায়। কিন্তু পেট্রোলিয়ামের ক্র্যাকিং-এ (Craking) এই শ্রেণীর সদস্যদের প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

নামকরণ

সাধারণ পদ্ধতি ঃ এই শ্রেণীর প্রথম তিনটি সদস্যদের (C_2 থেকে) নামকরণে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালকেনের (Alkane) নামের শেষ অংশ 'এন' (ane) বদলে ইলিন (ylene) বসিয়ে করা হয়। যেমন,

C_2H_6 ইথেন (Ethane) C_2H_4 ইথিলিন (Ethylene)

C_3H_8 প্রোপেন (Propene) C_3H_6 প্রোপিলিন (Propylene)

C_4H_{10} (Butane) C_4H_8 বিউটিলিন (Butylene)

দ্বিযোজকের অবস্থানের তারতম্য থেকে উদ্ভূত সমাবয়বের নামকরণে দ্বিযোজকের অবস্থান গ্রীক অক্ষর α, β, γ, δ ইত্যাদি দিয়ে সুনির্দিষ্ট করা হয়। মুক্ত শৃঙ্খলের যে প্রান্তিক কার্বন পরমাণুর নিকটে দ্বিযোজক অবস্থিত সেই কার্বন পরমাণু থেকে ক্রমান্বয়ে α, β, γ ইত্যাদি সংখ্যা দিয়ে কার্বন পরমাণুগুলিকে সুনির্দিষ্ট করা হয়। এখন যে কার্বন পরমাণু থেকে দ্বিযোজক শুরু সেই কার্বন পরমাণু যে অক্ষর দিয়ে চিহ্নিত সেই অক্ষর দিয়ে দ্বিযোজকের অবস্থান সুনির্দিষ্ট করা হয়।

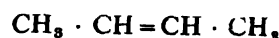
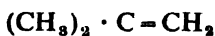
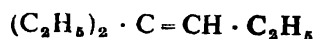
$$\overset{\alpha}{C}H_2=\overset{\beta}{C}H.\overset{\gamma}{C}H_2.\overset{\delta}{C}H_3 \qquad \alpha \text{ বিউটিলিন}$$

$$\overset{\alpha}{C}H_3.\overset{\beta}{C}H=\overset{\gamma}{C}H.\overset{\delta}{C}H_3 \qquad \beta \text{ বিউটিলিন}$$

আর এক পদ্ধতিতে ইথিলিনকে মূল যৌগ ধরে এই শ্রেণীর অন্যান্য সদস্যদের ইথিলিনের জাতক ধরা হয়। যেমন,

$CH_3 \cdot CH=CH_2$
মিথাইল ইথিলিন

$CH_3 \cdot CH=CH \cdot CH_3$
s-ডাই-মিথাইল ইথিলিন

$(CH_3)_2 \cdot C=CH_2$
as-ডাই-মিথাইল ইথিলিন

$(C_2H_5)_2 \cdot C=CH \cdot C_2H_5$
ট্রাই-ইথাইল ইথিলিন

অ্যালকাইল মূলকগুলি একই কার্বন পরমাণুতে যুক্ত থাকলে তাকে অসমমিত (Asymmetrical) এবং বিভিন্ন কার্বন পরমাণুযুক্ত থাকলে তাকে সমমিত (Symmetrical) বলে। অবশ্য এক্ষেত্রে অ্যালকাইল মূলক অভিন্ন হওয়া দরকার। অসমমিতকে asy দিয়ে এবং সমমিতকে s বা sym দিয়ে চিহ্নিত করা হয়।

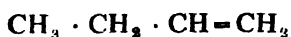
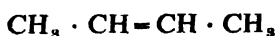
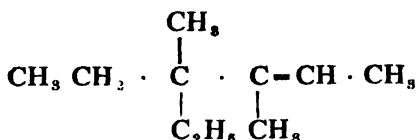
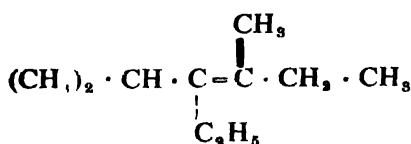
IUPAC পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে নামকরণে দ্বিযোজক সমেত সবচেয়ে দীর্ঘ কার্বন শৃংখলটি নিরূপণ করতে হবে এবং ঐ শৃঙ্খলে যত সংখ্যক কার্বন পরমাণু আছে তত সংখ্যক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালকেনের নামের শেষ অংশে 'এন' (ane)-এর স্থানে 'ইন' (ene) বসালে নামকরণ সম্পূর্ণ হবে। সমাবয়ব সদস্যদের নামকরণে

দ্বিযোজকের বা অ্যালকাইল মূলকের অবস্থান সংখ্যা দ্বারা সুনির্দিষ্ট করা হয়। এ ক্ষেত্রে সে প্রান্তিক কার্বন পরমাণুর নিকটে দ্বিযোজকের অবস্থান সেই প্রান্তিক কার্বন পরমাণু থেকে শৃঙ্খলের অন্যান্য কার্বন পরমাণুদের ক্রমান্বয়ে 1, 2, 3 ইত্যাদি দ্বারা সুনির্দিষ্ট করা হয়। আর দ্বিযোজকটি যে সংখ্যক কার্বন পরমাণু থেকে শুরু সেই সংখ্যাটি অলিফিন যৌগটির সামনে বা 'ইন' (ene)-এর আগে বসালে নামকরণ সম্পূর্ণ হবে।

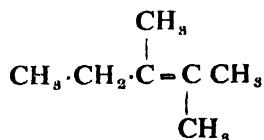
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH = CH_2$ — 1-বিউটিন বা বিউট্-1-ইন

$CH_3 \cdot CH = CH \cdot CH_3$ — 2-বিউটিন বা বিউট্-2-ইন

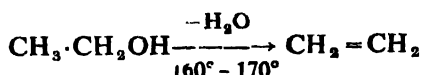
$CH_3 \cdot CH(CH_3) \cdot CH = CH \cdot CH_3$ — 4-মিথাইল পেণ্ট-2-ইন

$CH_3\,CH_2 \cdot C(CH_3)(C_2H_5) \cdot C(CH_3) = CH \cdot CH_3$ — 4-ইথাইল 3 : 4 ডাইমিথাইল হেক্স-2-ইন

$(CH_3)_2 \cdot CH \cdot C(C_2H_5) = C(CH_3) \cdot CH_2 \cdot CH_3$ — 3-ইথাইল 2 : 4 ডাই-মিথাইল হেক্স 3-ইন

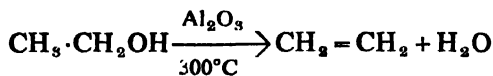
আগে অনেক সময় দ্বিযোজকের অবস্থান গ্রীক অক্ষর Δ দিয়ে বোঝান হত। এক্ষেত্রে দ্বিযোজক যত সংখ্যক কার্বন পরমাণু থেকে শুরু Δ-র ডানদিকের মাথায় সেই সংখ্যাটি বসান হত।

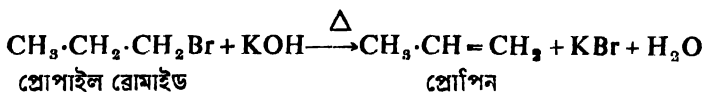
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot C(CH_3) = C(CH_3)\,CH_3$ — 2 : 3-ডাই-মিথাইল Δ^2 পেণ্টিন

প্রস্তুতের সাধারণ পদ্ধতিসমূহ

1. ঘন সালফিউরিক বা ফসফোরিক অ্যাসিডের ন্যায় নিরুদকের উপস্থিতিতে প্রাথমিক কোহলকে উত্তপ্ত করলে অলিফিন পাওয়া যায়।

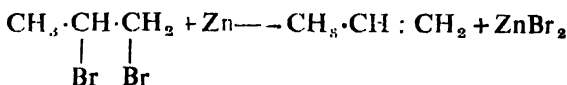
$$CH_3 \cdot CH_2OH \xrightarrow[160^\circ - 170^\circ]{-H_2O} CH_2 = CH_2$$

দ্বিতীয়ক বা তৃতীয়ক কোহলের ক্ষেত্রে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে লঘু

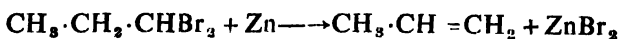
অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়, কারণ ঘন অ্যাসিড ব্যবহারে অলিফিন বহুলীভূত (Polymerised) হয়ে পড়ে। সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে কোহল বাষ্পকে উত্তপ্ত (250°—300°C) অ্যালুমিনার উপর প্রবাহিত করে অ্যালকিন প্রস্তুত করা যায়।

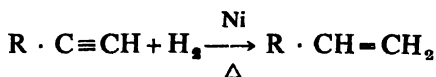
$$CH_3 \cdot CH_2OH \xrightarrow[300°C]{Al_2O_3} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

2. অ্যালকাইল হ্যালাইডকে কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অ্যালকিন পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{প্রোপাইল ব্রোমাইড}}{CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2Br} + KOH \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{প্রোপিন}}{CH_3 \cdot CH = CH_2} + KBr + H_2O$$

এই পদ্ধতিতে প্রাথমিক হ্যালাইডের থেকে দ্বিতীয়ক বা তৃতীয়ক হ্যালাইডের ক্ষেত্রে অধিক প্রযোজ্য এবং বেশি পরিমাণে অলিফিন উৎপাদিত হয়।

3 (i) Vic ডাই-হ্যালো যৌগকে মিথানলের উপস্থিতিতে দস্তাঃরজ দিয়ে বিক্রিয়া করালে অ্যালকিন পাওয়া যায়

$$CH_3 \cdot \underset{\substack{| \\ Br}}{CH} \cdot \underset{\substack{| \\ Br}}{CH_2} + Zn \longrightarrow CH_3 \cdot CH : CH_2 + ZnBr_2$$

(ii) Gem ডাই-হ্যালো যৌগের মিথানলের দ্রবণকে দস্তাঃরজ দিয়ে উত্তপ্ত করলে অ্যালকিন পাওয়া যায়।

$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CHBr_2 + Zn \longrightarrow CH_3 \cdot CH = CH_2 + ZnBr_2$$

4. প্লাটিনাম চূর্ণ বা নিকেল চূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকাইন যৌগকে আংশিক হাইড্রোজিনেশান দিয়ে অ্যালকিন প্রস্তুত করা যায়।

$$R \cdot C \equiv CH + H_2 \xrightarrow[\Delta]{Ni} R \cdot CH = CH_2$$

ধর্ম

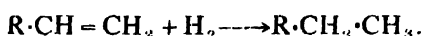
সাধারণ ধর্ম ঃ দুটি থেকে চারটি কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকিনগুলি গ্যাসীয় পদার্থ, C_5 থেকে C_{15} পর্যন্ত অ্যালকিনগুলি তরল পদার্থ, C_{16} থেকে উপরের দিকের অ্যালকিনগুলি কঠিন পদার্থ। অ্যালকিনগুলি জলে অদ্রাব্য এবং জলের চেয়ে হালকা। এই শ্রেণীর সদস্যরা বাতাসে ধোঁয়াযুক্ত দীপ্তিমান শিখায় জলে। সমসংখ্যক কার্বন বিশিষ্ট অ্যালকিনগুলি অ্যালকেনের থেকে বেশি উদ্বায়ী। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে এই শ্রেণীর সদস্যদের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ দ্বিযোজক থাকার জন্য এই শ্রেণীর সদস্যরা বেশ সক্রিয় এবং যুত যৌগ সৃষ্টি করে। অবশ্য দ্বিযোজক থাকা সত্ত্বেও প্রতিস্থাপিত বিক্রিয়া করে। π ইলেকট্রন থাকে বলে অ্যালকিনগুলি এত সক্রিয়। যুত যৌগ বিক্রিয়াকালে অ্যালকিনগুলি ট্রাইগোনাল (Trigonal) অবস্থা থেকে টেট্রাগোনাল (Tetragonal) অবস্থা উপনীত হয়। অ্যালকিনের বিক্রিয়াগুলিকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়। 1. যুত যৌগ গঠন বিক্রিয়া (Additive reaction), 2. জারণ বিক্রিয়া (Oxidation reaction), 3 বহুগুণন বা বহুলীভবন বিক্রিয়া (Polymerisation)।

যুত যৌগ গঠন বিক্রিয়া

1. **হাইড্রোজেন সংযোগ ঃ** 120°—150°C-এ কালো প্লাটিনাম বা প্যালাডিয়াম অথবা 200° – 250°C-এ নিকেল চূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকিন যৌগ এক অণু (Mole) হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যালকেন উৎপন্ন করে।

$$R{\cdot}CH=CH_2+H_2 \longrightarrow R{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3.$$

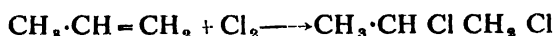
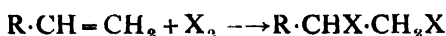
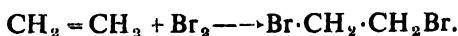
$$CH_2=CH_2+H_2 \longrightarrow CH_3{\cdot}CH_3.$$

জৈব যৌগে অবস্থিত দ্বিযোজকে হাইড্রোজেন যুক্ত করার বিক্রিয়াকে হাইড্রোজিনেশান বলে।

2. **হ্যালোজেন সংযোগ ঃ** হ্যালোজেনের সঙ্গে অ্যালকিন সহজেই বিক্রিয়া করে ডাই-হ্যালো যুত যৌগ উৎপন্ন করে। হ্যালোজেনের মধ্যে ক্লোরিন সবচেয়ে সক্রিয় এবং আয়োডিন সবচেয়ে কম সক্রিয়।

$$R{\cdot}CH=CH_2+X_2 \longrightarrow R{\cdot}CHX{\cdot}CH_2X$$

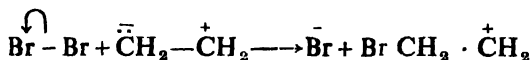
$$CH_3{\cdot}CH=CH_2+Cl_2 \longrightarrow CH_3{\cdot}CH\,Cl\,CH_2\,Cl$$

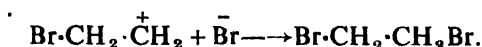
প্রোপিলিন 1.2 ডাই-ক্লোরোপ্রোপেন

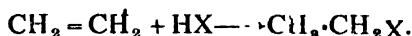
$$CH_2=CH_2+Br_2 \longrightarrow Br{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2Br.$$

ব্রোমিন অণুর প্রয়োজন অনুসারে ইথিলিন অণুর ইলেক্‌ট্রোমেরিক পরিবর্তন হবে। ফলে একটি কার্বন পরমাণু দ্বিযোজকে অবস্থিত একটি সমযোজকের ইলেক্‌ট্রন যুগল (Pair) নিজের আয়ত্তে নিয়ে ফেলে। ফলে এই কার্বন পরমাণুটি ঋণাত্মক আধানে আহিত (Charged) হবে। আর অপর কার্বন পরমাণুটি ধনাত্মক আধানে আহিত হবে।

$$CH_2=CH_2 \longrightarrow \bar{C}H_2-\overset{+}{C}H_2$$

এখন ব্রোমিন অণু ইথিলিনের দিকে অগ্রসর হলে পরস্পর পরস্পরকে প্রভাবিত করবে এবং অবশেষে সংক্রমণ জটিল যৌগে (Transition complex) পরিণত হবে। যা নিম্নলিখিতভাবে ভেঙ্গে যাবে।

$$Br - Br + \bar{C}H_2—\overset{+}{C}H_2 \longrightarrow \bar{Br} + Br\,CH_2 \cdot \overset{+}{C}H_2$$

ব্রোমাইড আয়ন এখন ধনাত্মক আধানে আহিত কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে যৌগ উৎপন্ন করবে।

$$Br \cdot CH_2 \cdot \overset{+}{C}H_2 + \bar{Br} \longrightarrow Br \cdot CH_2 \cdot CH_2Br.$$

3. HX অ্যাসিড সংযোগ : অ্যালকিন হ্যালোজিনিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যুত যৌগ গঠন করে।

$$CH_2 = CH_2 + HX \longrightarrow CH_3 \cdot CH_2X.$$

বিক্রিয়া করার হারের ক্রম হবে $HI > HBr > HCl > HF$। অর্থাৎ হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড খুব সহজে এবং দ্রুত বিক্রিয়া করবে।

এখন অসমঞ্জস বা বৈসাদৃশ্য (Unsymmetrical) আলফিনের ক্ষেত্রে হ্যালোজিনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় দু প্রকার যৌগ উৎপন্ন হতে পারে। যেমন প্রোপিলিনের সঙ্গে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রোপাইল আয়োডাইড বা আইসোপ্রোপাইল আয়োডাইড গঠন করবে।

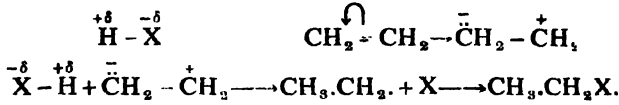
$$CH_3.CH : CH_2 + HI \longrightarrow CH_3.CH_2.CH_2I \qquad \cdots(A)$$

$$CH_3.CH = CH_2 + HI \longrightarrow CH_3.CHI.CH_3 \qquad \cdots(B)$$

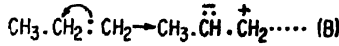
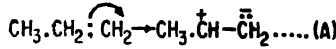
অসমমিত অলিফিনের ক্ষেত্রে উপরোক্ত দুইটি বিক্রিয়ার মধ্যে কোনটি হবে অথবা কোনটি প্রাধান্য পাবে তার জন্য রুশ বিজ্ঞানী মার্কোনিকফ (Markownikoff) একটি সূত্র দেন, যা মার্কোনিকফ সূত্র নামে পরিচিত। 'দ্বিবন্ধ যুক্ত কার্বন পরমাণুর মধ্যে যাতে কম সংখ্যক হাইড্রোজেন বর্তমান যোগশীল বস্তুর (Addendum) ঋণাত্মক অংশটি সেই কার্বনে যুক্ত হবে।' হ্যালোজিনিক অ্যাসিডের (যোগশীল বস্তু) ঋণাত্মক অংশ হলো হ্যালাইড এবং এই হ্যালাইড অংশ প্রোপিলিনের দ্বিতীয় কার্বনে যুক্ত হবে, কারণ দ্বিবন্ধ যুক্ত কার্বন পরমাণুর মধ্যে এই কার্বনে হাইড্রোজেনের সংখ্যা কম বলে। অতএব প্রোপিলিনের সঙ্গে হাইড্রোআয়োডিক বিক্রিয়ায় দ্বিতীয় বিক্রিয়াটি (B) প্রাধান্য পাবে।

যদিও মার্কোনিকফ সূত্রটি অভিজ্ঞতালব্ধ তবুও এটিকে একটি তত্ত্বের উপর প্রতিষ্ঠা করা যায়।

$$\overset{+\delta}{H}-\overset{-\delta}{X} \qquad CH_2=CH_2\rightarrow\overset{-}{\ddot{C}}H_2-\overset{+}{C}H_2$$

$$\overset{-\delta}{X}-\overset{+\delta}{H}+\overset{-}{\ddot{C}}H_2-\overset{+}{C}H_2\longrightarrow CH_3.CH_2.+X\longrightarrow CH_3.CH_2X.$$

এখন প্রোপিলিনের ক্ষেত্রে ইলেকট্রোমেরিক পরিবর্তন দুভাবে হতে পারে। যেমন,

$$CH_3.CH_2:CH_2\rightarrow CH_3.\overset{+}{C}H-\overset{-}{\ddot{C}}H_2\ldots\ldots(A)$$

$$CH_3.CH_2:CH_2\rightarrow CH_3.\overset{-}{\ddot{C}}H.\overset{+}{C}H_2\ldots\ldots(B)$$

এখন মিথাইল মূলকটি ইলেকট্রনকে বিকর্ষণ (Repel) করে, ফলে (A) অনুযায়ী ইলেকট্রোমেরিক পরিবর্তন হবে এবং প্রোপিলিন ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় আইসোপ্রোপাইল আয়োডাইড উৎপন্ন হবে।

এখন যে কোন সমেরু (Polar) যৌগ HX মার্কোনিকফ সূত্র অনুসারে অলিফিনে যুক্ত হবে।

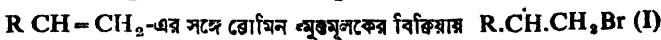
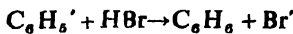
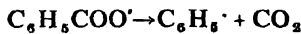
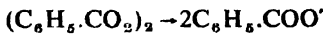
পার-অক্সাইডের ক্রিয়া (Peroxide effect) : পার-অক্সাইড (বেনজইল পার-অক্সাইড) বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড অলিফিনের সঙ্গে এমন ভাবে বিক্রিয়া করে যা মার্কোনিকফ সূত্র অনুসারে যেভাবে হওয়ার কথা তার বিপরীতভাবে ঘটে। এরূপ বিক্রিয়াকে পার-অক্সাইডের ক্রিয়া বা অস্বাভাবিক (Abnormal) সংযোগ বলে। হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোফ্লোরিক এবং হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড অস্বাভাবিক বিক্রিয়া ঘটায় না।

এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়াবিধি (Mechanism) মুক্তমূলকের (Free radical) দ্বারা সম্পন্ন হয় বলে মনে করা হয়। পার-অক্সাইড দ্বারা মুক্তমূলক সৃষ্টি হয়।

$$(C_6H_5.CO_2)_2\rightarrow 2C_6H_5.COO'$$

$$C_6H_5COO'\rightarrow C_6H_5{}^{\cdot}+CO_2$$

$$C_6H_5'+HBr\rightarrow C_6H_6+Br'$$

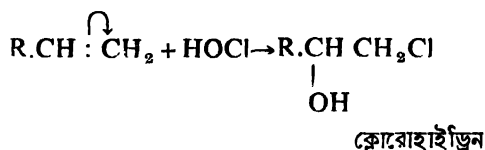
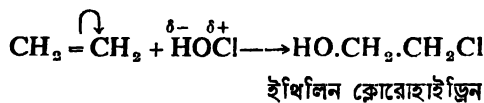
$$RCH=CH_2+Br'\rightarrow R.\dot{C}H.CH_2Br\xrightarrow{HBr}R.CH_2CH_2Br+Br'$$

R CH=CH$_2$-এর সঙ্গে ব্রোমিন মুক্তমূলকের বিক্রিয়ায় R.$\dot{C}$H.CH$_2$Br (I) এবং RCH Br. $\dot{C}H_2$ (II)—এই দু প্রকার মুক্তমূলক উৎপন্ন হতে পারে, কিন্তু I নং মুক্তমূলকটি II নং মুক্তমূলকের থেকে অধিকতর স্থায়ী এবং I নং মুক্তমূলকটি উৎপন্ন হতে কম শক্তি প্রয়োজন হয় বলে, পার-অক্সাইডের ক্রিয়ায় ব্রোমিন I নং মুক্তমূলকটি উৎপন্ন করবে, যা HBr-এর সঙ্গে R CH$_2$CH$_2$. Br এবং Br' মুক্তমূলক উৎপন্ন করবে। অর্থাৎ মার্কোনিকফ সূত্রের বিপরীত দিকে বিক্রিয়া করবে।

4. **হাইপোহ্যালাস অ্যাসিড সংযোগ ঃ** হাইপোক্লোরাস বা হাইপো-ব্রোমাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে অলিফিন যুত যৌগ উৎপন্ন করে।

$$CH_2=CH_2+\overset{\delta-\ \delta+}{HOCl}\longrightarrow HO.CH_2.CH_2Cl$$

ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিন

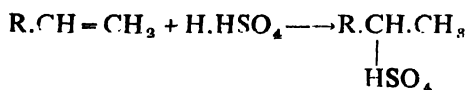
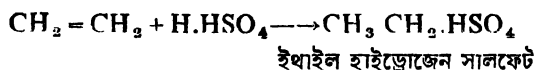
$$R.CH:CH_2+HOCl\rightarrow R.\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}\,CH_2Cl$$

ক্লোরোহাইড্রিন

HOX অ্যাসিডের হ্যালোজেন (X) হাইড্রক্সিল মূলকের পরিপেক্ষে ধনাত্মক এবং এই বিক্রিয়াটি মার্কোনিকফ সূত্র মেনে চলে।

5. **সালফিউরিক অ্যাসিড সংযোগ ঃ** মার্কোনিকফ সূত্রানুসারে অলিফিন ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যালকাইল হাইড্রোজেন সালফেট নামে যুত যৌগ উৎপন্ন করে

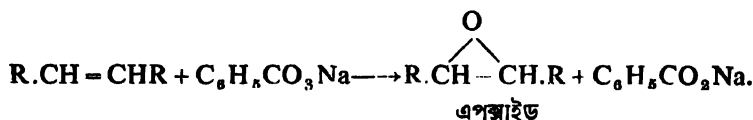
$$CH_2=CH_2+H.HSO_4\longrightarrow CH_3\,CH_2.HSO_4$$

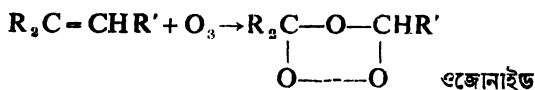
ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট

$$R.CH=CH_2+H.HSO_4\longrightarrow R.\underset{\displaystyle HSO_4}{\underset{|}{CH}}.CH_3$$

জারণ বিক্রিয়া

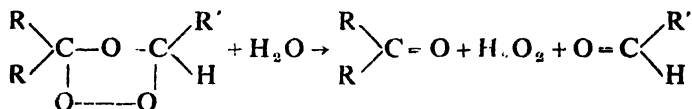
6. **অক্সিজেন সংযোগ ঃ** পার-অ্যাসিডের (পারবেনজোয়িক বা মনোপার-থ্যালিক অ্যাসিড) সাহায্যে অলিফিনের দ্বিবন্ধকে অলিফিন অক্সাইডে পরিবর্তন করা যায়। এই অক্সাইডকে এপক্সাইড (Epoxide) বলে।

$$R.CH=CHR+C_6H_5CO_3Na\longrightarrow R.CH\overset{O}{\diagup\diagdown}CH.R+C_6H_5CO_2Na.$$

এপক্সাইড

7. **ওজোন সংযোগ ঃ** অলিফিনের দ্রবণের (নিষ্ক্রিয় দ্রাবক মাধ্যমে) মধ্যে ওজোন পরিচালিত করলে অলিফিনের দ্বিবন্ধে ওজোন সংযোগ হয়ে ওজোনাইড নামে এক যুত যৌগ গঠন করে। মুক্ত অবস্থায় এই ওজোনাইড যৌগগুলি সাধারণত বিস্ফোরক পদার্থ।

$$R_2C=CHR'+O_3 \rightarrow R_2C{-}O{-}CHR' \quad (O{-}{-}O \text{ bridge})$$

ওজোনাইড

এই ওজোনাইডকে জল দিয়ে (আর্দ্র বিশ্লেষণে) উত্তপ্ত করলে ওজোনাইড ভেঙ্গে গিয়ে অ্যালডিহাইড, কিটোন বা উভয় যৌগ উৎপন্ন করে এবং এতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডও উৎপন্ন হয়।

$$\begin{matrix}R\\R\end{matrix}\!\!>\!C{-}O{-}C\!<\!\!\begin{matrix}R'\\H\end{matrix} \;(O{-}{-}O)\; + H_2O \rightarrow \begin{matrix}R\\R\end{matrix}\!\!>\!C=O+H_2O_2+O=C\!<\!\!\begin{matrix}R'\\H\end{matrix}$$

দস্তঃরজ দিয়ে উৎপন্ন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে বিনষ্ট করা হয়। তা না করলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন অ্যালডিহাইডকে জারিত করে কার্বক্সিল অ্যাসিডে পরিণত করবে।

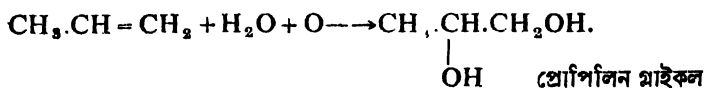
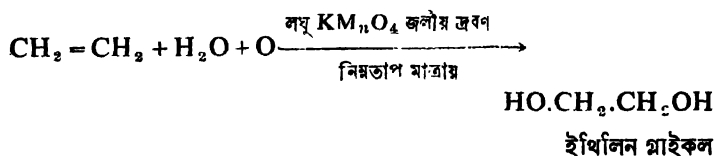
অলিফিনে ওজোন সংযোগ ও আর্দ্র বিশ্লেষণকে ওজোনোলিসিস (Ozonolysis) বিক্রিয়া বলে। এই বিক্রিয়া দিয়ে অজ্ঞাত অলিফিনের দ্বিবন্ধের অবস্থান সনাক্ত করা যায়।

8. **মৃদু জারক দ্রব্যের ক্রিয়া ঃ** (i) অলিফিনগুলি বেশ সক্রিয় এবং মৃদু জারক দ্রব্যের দ্বারা অলিফিনের দ্বিবন্ধের জায়গায় জারিত হয়ে গ্লাইকলে (ডাই-হাইড্রিক কোহল) পরিণত হয়।

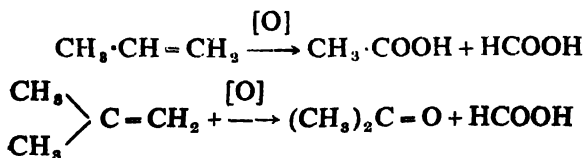
$$CH_2=CH_2+H_2O+O \xrightarrow[\text{নিম্নতাপ মাত্রায়}]{\text{লঘু } KMnO_4 \text{ জলীয় দ্রবণ}} HO.CH_2.CH_2OH$$

ইথিলিন গ্লাইকল

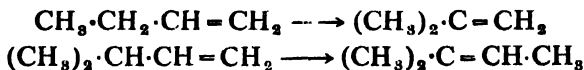
$$CH_3.CH=CH_2+H_2O+O \longrightarrow CH_3.\underset{\displaystyle OH}{CH}.CH_2OH.$$

প্রোপিলিন গ্লাইকল

(ii) **মধ্যম জারকদ্রব্যের ক্রিয়া ঃ** উত্তপ্ত ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ অলিফিনকে জারিত করবে এবং এতে অলিফিন দ্বিবন্ধের জায়গা থেকে ভেঙ্গে গিয়ে অ্যালডিহাইড, কিটোন বা অ্যাসিডে পরিণত হবে।

$$CH_3{\cdot}CH=CH_2 \xrightarrow{[O]} CH_3{\cdot}COOH+HCOOH$$

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>\!C=CH_2+\xrightarrow{[O]}(CH_3)_2C=O+HCOOH$$

9. **সমাবয়বীকরণ** (Isomerisation) : অলিফিনকে 500°—700°C-এ বা অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের (অনুঘটক) উপস্থিতিতে 200°—300°C-এ উত্তপ্ত করলে সমবাবয়ব অলিফিন উৎপন্ন হয়।

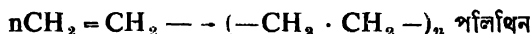
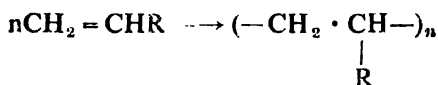
$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH = CH_2 \longrightarrow (CH_3)_2 \cdot C = CH_2$$

$$(CH_3)_2 \cdot CH \cdot CH = CH_2 \longrightarrow (CH_3)_2 \cdot C = CH \cdot CH_3$$

3-মিথাইল বিউট্-1-ইন

বহুগুণন বা বহুলীভবন বিক্রিয়া

উপযুক্ত প্রভাবকের উপস্থিতিতে উচ্চ তাপাঙ্ককে বহু অলিফিন অণু পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয়ে উচ্চ আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন অণু সৃষ্টি করে। এই বিক্রিয়াকে বহু গুণন বা বহুলীভবন বিক্রিয়া (Polymerisation reaction) বলে এবং উৎপন্ন পদার্থকে পলিমার (Polymer) বা বহুগুণন পদার্থ বা বহুলীভূত পদার্থ বলে।

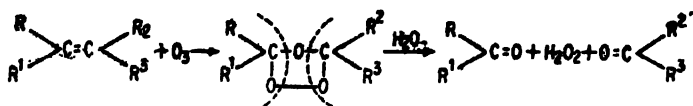
$$nCH_2 = CHR \longrightarrow (-CH_2 \cdot \underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}-)_n$$

$$nCH_2 = CH_2 \longrightarrow (-CH_2 \cdot CH_2-)_n \text{ পলিথিন}$$

দ্বিবন্ধ বা দ্বিযোজকের সনাক্তকরণ (অসংপৃক্তের পরীক্ষা) :

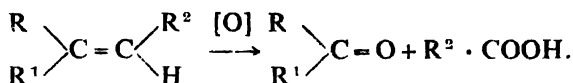
(i) কোন জৈব যৌগে দ্বিবন্ধ বা ত্রিবন্ধের সনাক্তকরণের জন্য যৌগটি জলীয় দ্রবণে (বা জলে প্রলম্বিত অবস্থায় রেখে) সোডিয়াম কার্বনেট মিশ্রিত পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ সহযোগে ঝাঁকালে পারম্যাঙ্গানেটের বেগুনীবর্ণ বর্ণহীন হয়ে পড়ে। অন্য কোন বিজারণমূলক (Reducing radical) উপস্থিত থাকলে এই পরীক্ষা করা যায় না। এই পরীক্ষাকে বায়ারের পরীক্ষা (Bayer's test) বলে।

(ii) অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন যৌগের কার্বন টেট্রাক্লোরাইড দ্রবণে 5% ব্রোমিন দ্রবণ (কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে) যোগ করলে ব্রোমিনের বর্ণ বর্ণহীন হবে।

দ্বিবন্ধের অবস্থান নির্ণয় : (1) ওজোনের সঙ্গে অলিফিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ওজোনাইডকে আদ্র বিশ্লেষণ করলে অ্যালডিহাইড বা কিটোন বা উভয় পদার্থ উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে দ্বিবন্ধ যুক্ত কার্বন পরমাণু কার্বনিল মূলকে পরিণত হয়। উৎপন্ন কার্বনিল যৌগ বা যৌগগুলি সনাক্ত করলে সহজে দ্বিবন্ধের অবস্থান নির্ণয় করা যায়।

$$\begin{matrix}R\\R^1\end{matrix}\!>C=C<\!\begin{matrix}R^2\\R^3\end{matrix} + O_3 \longrightarrow \begin{matrix}R\\R^1\end{matrix}\!>C\!-\!O\!-\!C<\!\begin{matrix}R^2\\R^3\end{matrix} \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix}R\\R^1\end{matrix}\!>C=O + H_2O_2 + O=C<\!\begin{matrix}R^2\\R^3\end{matrix}$$

এখন $R = R' = R^2 = R^3$ (অ্যালকাইলমূলক) হলে একপ্রকার কিটোন পাওয়া যাবে। $R_3 = H$ হলে কিটোন $\begin{matrix} R \\ R^1 \end{matrix} \rangle C = O$ এবং R^2CHO উৎপন্ন হবে, $R^2 = R^3 = H$ হলে কিটোন $RR_1C = O$ এবং HCHO উৎপন্ন হয়।

(2) উত্তপ্ত ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ অলিফিনকে জারিত করে কার্বক্সিল অ্যাসিড বা কিটোনে পরিণত করে। এক্ষেত্রে দ্বিবন্ধযুক্ত কার্বন পরমাণু কার্বক্সিল মূলকে বা কার্বনিল মূলকে পরিণত হয়।

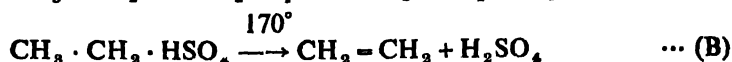
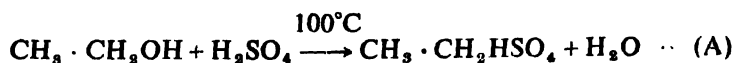
$$\begin{matrix} R \\ R^1 \end{matrix} \rangle C = C \langle \begin{matrix} R^2 \\ H \end{matrix} \xrightarrow{[O]} \begin{matrix} R \\ R^1 \end{matrix} \rangle C = O + R^2 \cdot COOH.$$

উৎপন্ন কার্বক্সিল এবং কিটোন যৌগকে সনাক্ত করলে সহজে দ্বিবন্ধের অবস্থান নির্ণয় করা যায়।

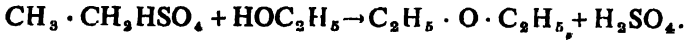
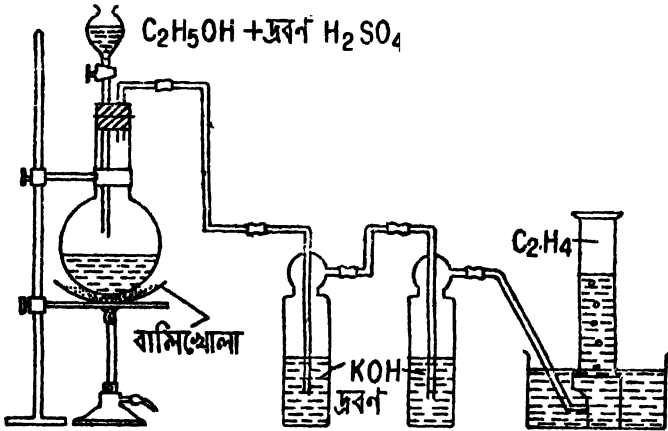
ইথিলিন, ইথিন (Ethylene, Ethene) C_2H_4.

অ্যালকিন বা অলিফিন গোষ্ঠীর প্রথম সদস্য। প্রাকৃতিক ও কোল গ্যাসে ইথিলিন পাওয়া যায়। কাঠের অন্তর্ধূম পাতনে উৎপন্ন গ্যাসেও ইথিলিন বর্তমান। ইথিলিনকে অলিফিয়েন্ট (Olifiant) গ্যাসও বলা হয়, কারণ ক্লোরিন, ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথিলিন তেলের মত তরল পদার্থ উৎপন্ন করে।

অলিফিন প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি দিয়ে ইথিলিন প্রস্তুত করা যায়। ইথাইল কোহলের সঙ্গে অতিরিক্ত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডেব বিক্রিয়ায় রসায়নাগারে ইথিলিন প্রস্তুত করা হয়। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডেব পরিবর্তে সিরাপী ফসফোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায়। অ্যাসিড নিরুদকের (Dehydrating agent) কাজ করে। 100°C-এ ইথাইল কোহল সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ও জল উৎপন্ন করে। ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট 170°C-এ বিভক্ত হয়ে ইথিলিন ও সালফিউরিক উৎপন্ন করে।

$$CH_3 \cdot CH_2OH + H_2SO_4 \xrightarrow{100^\circ C} CH_3 \cdot CH_2HSO_4 + H_2O \quad \cdots (A)$$

$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot HSO_4 \xrightarrow{170^\circ} CH_2 = CH_2 + H_2SO_4 \quad \cdots (B)$$

অ্যাসিডের পরিবর্তে কোহলের পরিমাণ বেশি হলে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট অতিরিক্ত কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ডাই-ইথাইল ইথার ও সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$CH_3 \cdot CH_2HSO_4 + HOC_2H_5 \rightarrow C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5 + H_2SO_4.$$

(A) নং বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করে (B) নং বিক্রিয়ায় ঠিক সেই পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড পুনরায় উৎপন্ন হয়, যা আবার ইথাইল কোহলকে ইথিলিনে পরিণত করে। সুতরাং তত্ত্ব অনুযায়ী খুব অল্প পরিমাণ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড অসীম পরিমাণ কোহলকে ইথিলিনে পরিণত করবে। কিন্তু কিছু পরিমাণ কোহলকে ইথিলিনে পরিণত করে বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে যায়। কারণ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জল সালফিউরিক অ্যাসিডকে লঘু অ্যাসিডে পরিণত করে এবং কিছু পরিমাণ অ্যাসিড বিজারিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। এই পদ্ধতিটিকে অবিরাম এস্টারিফিকেশান (Continuous esterification) পদ্ধতি বলে।

চিত্র 32

একটি গোলতলা বিশিষ্ট ফ্লাস্কে 3 : 1 অনুপাতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও ইথাইল কোহল (শোধিত) নিয়ে এই মিশ্রণের মধ্যে কিছু কাচের টুকরো যোগ করা হয়। ফ্লাস্কের মুখটি কর্কের সাহায্যে বন্ধ করা থাকে, আর ঐ কর্কের মধ্যে একটি বিন্দুপাতী ফানেল, একটি থার্মোমিটার ও নির্গম নল লাগানো থাকে। বিক্রিয়াটি অপেক্ষাকৃত কম তাপমাত্রায় সম্পন্ন করার জন্য মিশ্রণে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট যোগ করা হয়। কাচের টুকরো বিক্রিয়ার সময় ফেনা হওয়া বন্ধ করে। ফ্লাস্কটিকে বালিখোলায় 165°—170°C-এ উত্তপ্ত করলে ইথিলিন উৎপন্ন হবে। ইথিলিনের উৎপন্নের ধারা অব্যাহত রাখার জন্য বিন্দুপাতী ফানেল থেকে ঘন সালফিউরিক

অ্যাসিড ও কোহলের মিশ্রণ (1 : 1) ফ্লাস্কের মধ্যে বিন্দু বিন্দু করে যোগ করা হয়।

এভাবে উৎপন্ন ইথিলিন গ্যাসে কিছু পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড বর্তমান থাকে। এই অপদ্রব্যগুলিকে ইথিলিন থেকে অপসারণের জন্য এই গ্যাসকে কস্টিক পটাশপূর্ণ ধৌত বোতলের মধ্য দিয়ে পরিচালিত করে জলের নিম্ন অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে সিরাপী ফসফোরিক অ্যাসিড ব্যবহারে ইথিলিন বেশি পরিমাণে উৎপন্ন হয়।

শিল্পোৎপাদন : (1) প্রাকৃতিক গ্যাস এবং পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে প্রাপ্ত উচ্চ স্ফুটনাঙ্কে তরলকে ভঞ্জন (Cracking) প্রক্রিয়ার দ্বারা এই গ্যাস প্রচুর পরিমাণে উৎপাদন করা হয়।

2. 300°—380°C-এ উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়ে ইথাইল কোহলের বাষ্প পরিচালিত করেও প্রচুর ইথিলিন উৎপাদন করা হয়।

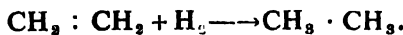
3. সিলিকাজেল ও প্যালাডিয়ামের উপস্থিতিতে 200°C-এ অ্যাসিটিলিন হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ার দ্বারা প্রচুর ইথিলিন পাওয়া যায়।

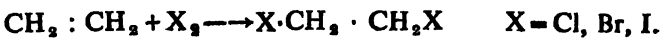
ধর্ম

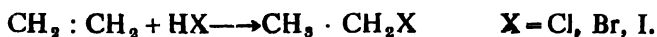
ভৌত ধর্ম : ইথিলিন মিষ্টি গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। জলে খুবই কম দ্রাব্য। ধোঁয়াযুক্ত শিখায় ইথিলিন জ্বলে। নিঃশ্বাসের সঙ্গে গ্রহণ করলে চেতনা লোপ পায়। স্ফুটনাঙ্ক − 150°C এবং গলনাঙ্ক − 160°C।

রাসায়নিক ধর্ম : ইথিলিন ইথেনের চেয়ে বেশি সক্রিয় এবং দ্বিবন্ধের উপস্থিতির জন্য ইথিলিন এত সক্রিয়। ইথিলিনের রাসায়নিক ধর্ম অলিফিনের সাধারণ রাসায়নিক ধর্মের ন্যায় হবে। যেমন—

1. নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে 200°—300°C-এ ইথিলিন এক অণু হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ইথেন উৎপন্ন করে।

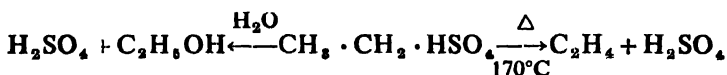
$$CH_2 : CH_2 + H_2 \longrightarrow CH_3 \cdot CH_3.$$

2. সাধারণ উষ্ণতায় ইথিলিন হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-হ্যালো ইথিলিন উৎপন্ন করে।

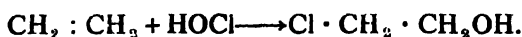
$$CH_2 : CH_2 + X_2 \longrightarrow X{\cdot}CH_2 \cdot CH_2X \qquad X = Cl, Br, I.$$

3. ইথিলিন হ্যালোজিনিক (HX) অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল হ্যালাইড উৎপন্ন করে।

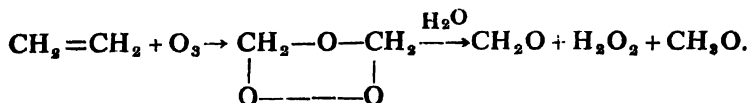
$$CH_2 : CH_2 + HX \longrightarrow CH_3 \cdot CH_2X \qquad X = Cl, Br, I.$$

4. ইথিলিন খুব সহজে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত হয়ে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন করে। ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটকে 170°C-এ

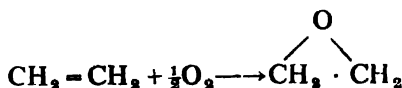
$$CH_2 : CH_2 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3 \cdot CH_2HSO_3.$$

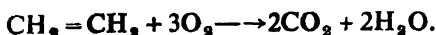
উত্তপ্ত করে আবার ইথিলিন ও সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় এবং জলের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ইথানল পাওয়া যায়।

$$H_2SO_4 + C_2H_5OH \xleftarrow{H_2O} CH_3 \cdot CH_2 \cdot HSO_4 \xrightarrow[170°C]{\Delta} C_2H_4 + H_2SO_4$$

5. ইথিলিন জলীয় হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিন উৎপন্ন করে।

$$CH_2 : CH_2 + HOCl \longrightarrow Cl \cdot CH_2 \cdot CH_2OH.$$

6. ইথিলিনকে নিষ্ক্রিয় মাধ্যমে দ্রবীভূত করে ওজোন পরিচালিত করলে ইথিলিন ওজোনাইড উৎপন্ন হয়, যাকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে ফরম্যালডিহাইড ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়

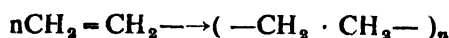
$$CH_2{=}CH_2 + O_3 \rightarrow \underset{\displaystyle |\qquad\qquad\quad| \atop \displaystyle O{-\!-\!-\!-\!-\!-}O}{CH_2{-}O{-}CH_2} \xrightarrow{H_2O} CH_2O + H_2O_2 + CH_2O.$$

6. রূপো অনুঘটকের উপস্থিতিতে ইথিলিন অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথিলিন অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$CH_2 = CH_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow \overset{\displaystyle O}{\overset{/\quad\backslash}{CH_2 \cdot CH_2}}$$

7. অক্সিজেন বা বাতাসের মাধ্যমে ইথিলিন উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে।

$$CH_2 = CH_2 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O.$$

8. লঘু, ঠাণ্ডা ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ ইথিলিনকে জারিত করে ইথিলিন গ্লাইকল উৎপন্ন করে।

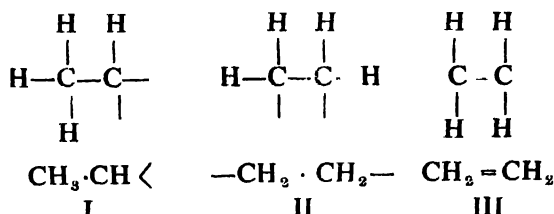
$$CH_2 = CH_2 + H_2O + O \longrightarrow HO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot OH.$$

9. তরল ইথিলিনকে উচ্চ চাপে এবং উচ্চ তাপে (400°C) উত্তপ্ত করলে বহু ইথিলিন অণু যুক্ত হয়ে (বহুগুণন বিক্রিয়ায়) পলিথিন (Polythene) নামে একপ্রকার প্লাস্টিক উৎপন্ন করে। এই পলিথিন অ্যাসিড, ক্ষার এবং বেশির ভাগ জৈব যৌগ রোধক (Resistance)। অক্সিজেনের উপস্থিতি এই বিক্রিয়ায় অনুঘটকের কাজ করে।

$$nCH_2{=}CH_2 \longrightarrow (-CH_2\cdot CH_2-)_n$$

ব্যবহার : (i) কাঁচা ফল পাকাবার জন্য ইথিলিন ব্যবহৃত হয়, (ii) অক্সি-ইথিলিন শিখা প্রস্তুতিতে (যা ওয়েল্ডিংয়ের কাজে লাগে), (iii) বিষাক্ত মাস্টার্ড গ্যাস (Mustard gas), গ্লাইকল, ইথিলিন অক্সাইড প্রস্তুতিতে এবং (iv) প্রচুর পরিমাণে ইথিলিন পলিথিন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

গঠন : (1) বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, ইথিলিনের আণবিক সংকেত C_2H_4 ।

(2) কার্বনের চার এবং হাইড্রোজেনের এক যোজ্যতা ধরলে ইথিলিনের তিনটি গঠন উপস্থিত করা যেতে পারে।

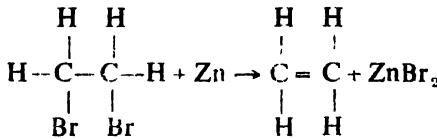
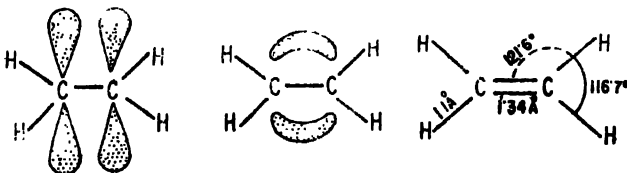
```
     H   H              H   H            H   H
     |   |              |   |            |   |
  H—C—C—            H—C—C·  H          C - C
     |   |              |   |            |   |
     H                                   H   H
  CH3·CH <         —CH2 · CH2—       CH2=CH2
      I                 II               III
```

(3) $C_2H_2Cl_2$ আণবিক সংকেত বিশিষ্ট দুটি সমাবয়ব সম্ভব এবং সমাবয়ব দুটি ($CH_3\cdot CHCl_2$ ও $ClCH_2\cdot CH_2Cl$) জানা আছে। ইথিলিনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ইথিলিন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং অ্যাসিটালডিহাইডের ($CH_3\cdot CHO$) সঙ্গে ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় ইথিলিডিন ক্লোরাইড ($CH_3\cdot CHCl_2$) উৎপন্ন হয়। সুতরাং ইথিলিন ক্লোরাইডের গঠন হবে $Cl\cdot CH_2\cdot CH_2Cl$। অতএব (I) গঠন ইথিলিনের হতে পারে না।

(4) গঠন (II) ইথিলিনের দুটি বিমুক্ত যোজ্যতা (Free valency) আছে। সুতরাং এই গঠন থেকে $CH_2Cl\cdot CH_2$ মনোক্লোরো ইথিলিন প্রস্তুত সম্ভব (যাতে একটি বিমুক্ত যোজ্যতা আছে)। কিন্তু বিমুক্ত যোজ্যতা বিশিষ্ট ইথিলিন যৌগ প্রস্তুত সম্ভব হয়নি। অতএব গঠন (II) ইথিলিনের গঠন হতে পারে না।

সুতরাং ইথিলিনের কোন যোজ্যতা মুক্ত নয়, অর্থাৎ ইথিলিনে কার্বন কার্বন দ্বিবন্ধ আছে। ইথিলিনের গঠন হবে (III)।

(5) ইথিলিনের কার্বন কার্বন দ্বিবন্ধকে (অসংপৃক্ততাকে) সহজে ব্রোমিন জল, ব্রোমিনের কার্বন টেট্রাক্লোরাইড দ্রবণ বা লঘু পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করার দ্বারা সনাক্ত করা যায়।

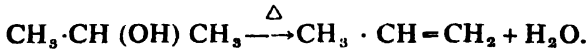
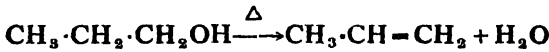
(6) ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইডের সঙ্গে দস্তঃরজের বিক্রিয়ার উৎপন্ন ইথিলিন দ্বারা সহজে ইথিলিনের (III) গঠনকে প্রমাণ করা যায়

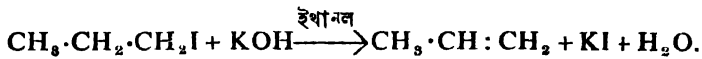
$$\begin{array}{c} H\ \ H \\ |\ \ \ | \\ H-C-C-H \\ |\ \ \ | \\ Br\ Br \end{array} + Zn \rightarrow \begin{array}{c} H\ \ H \\ |\ \ \ | \\ C=C \\ |\ \ \ | \\ H\ \ H \end{array} + ZnBr_2$$

7. ইথিলিন অণুতে অবস্থিত পরমাণুগুলি (দুটি C এবং 4টি H) একই তলে (Plane) আছে এবং দুটি কার্বনের প্রত্যেকটি sp^2 হাইব্রিডাইজেশান (Hybridisation) অবস্থায় আছে। প্রত্যেক কার্বনে তিনটি sp^2 হাইব্রিড অরবাইটালস (Orbitals) এক তলে আছে এবং একটি p_z অরবাইটাল এই তলের সঙ্গে লম্বভাবে আছে। প্রত্যেকটি কার্বনের একটি sp^2 অরবাইটাল অপরটির sp^2 অরবাইটালের সঙ্গে σ বন্ধন গঠন করে এবং প্রত্যেক কার্বনের অবশিষ্ট দুটি sp^2 অরবাইটালের প্রত্যেকে হাইড্রোজেনের 's' অরবাইটালের সঙ্গে σ বন্ধন গঠন করে। প্রত্যেক কার্বনে অব্যবহৃত একটি p_z অরবাইটাল একে অপরের পাশে আংশিক উপরিপাত বা সংক্রমিত (Overlap) হয়ে π বন্ধন গঠন করে। π বন্ধন কখনই দুটি σ বন্ধনের সমষ্টি নয়। অতএব ইথিলিনের 5টি σ বন্ধন ও একটি π বন্ধন আছে। ইথিলিনে C—C এবং C—H যোজক দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 1·34Å এবং 1·10Å এবং H—C—H এবং H—C—C যোজক কোণের মান যথাক্রমে 116 7° এবং 121·6°।

আংশিক উপরিপাতিত p-অরবাইটাল বা π বন্ধন

প্রোপিলিন, প্রোপিন C_3H_6

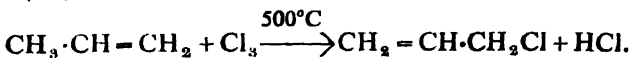
পেট্রোলিয়ামের ভঙ্গনের দ্বারা প্রচুর পরিমাণে প্রোপিলিন পাওয়া যায়। এছাড়া প্রোপাইল বা আইসোপ্রোপাইল কোহলকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে উত্তপ্ত করে প্রোপিলিন পাওয়া যায়।

$$CH_3\cdot CH_2\cdot CH_2OH \xrightarrow{\Delta} CH_3\cdot CH=CH_2+H_2O$$

$$CH_3\cdot CH\,(OH)\,CH_3 \xrightarrow{\Delta} CH_3\cdot CH=CH_2+H_2O.$$

প্রোপাইল আয়োডাইডকে কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে প্রোপিলিন পাওয়া যায়।

$$CH_3\cdot CH_2\cdot CH_2I+KOH \xrightarrow{\text{ইথানল}} CH_3\cdot CH:CH_2+KI+H_2O.$$

ধর্ম ঃ প্রোপিলিন বর্ণহীন গ্যাস, জলে অদ্রাব্য কিন্তু ইথানলে মোটামুটি দ্রাব্য। স্ফুটনাঙ্ক –48°C। প্রোপিলিন যুত যৌগ বিক্রিয়া ও প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশ নেয়। দ্বিবন্ধ বিশিষ্ট অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বন যৌগের সাধারণ ধর্মের ন্যায় প্রোপিলিনের সাধারণ ধর্ম।

(1) 500°C-এ প্রোপিলিন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার দ্বারা অ্যালাইল ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$CH_3\cdot CH=CH_2+Cl_2 \xrightarrow{500^\circ C} CH_2=CH\cdot CH_2Cl+HCl.$$

ব্যবহার ঃ আইসোপ্রোপাইল কোহল, গ্লিসারল, অ্যাসিটোন অ্যালাইল ক্লোরাইডের শিল্পোৎপাদনে প্রোপিলিন ব্যবহৃত হয়। পলিপ্রোপিলিন নামক প্লাস্টিক প্রস্তুতিতে প্রচুর প্রপিলিন ব্যবহৃত হয়।

বিউটিলিন বা বিউটিন সমূহ C_4H_8

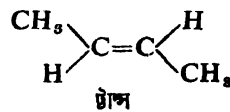
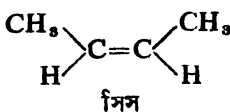
তিনটি সমাবয়ব বিউটিন হতে পারে এবং তিনটিই জানা আছে—

$CH_3\cdot CH_2\cdot CH=CH_2$ α-বিউটিলিন বা বিউট্ 1-ইন বা 1 বিউটিন (–6·1°C)

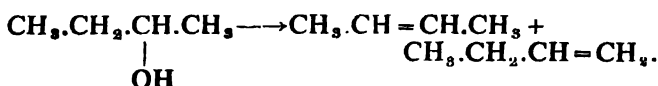
$CH_3\cdot CH=CH\cdot CH_3$ β-বিউটিলিন বা বিউট্ 2-ইন বা 2-বিউটিন (1°C)

β-বিউটিলিনের আবার দুপ্রকার জ্যামিতিক সমাবয়ব হতে পারে, যেমন—

$$\begin{matrix}CH_3 & & CH_3\\ & C=C & \\ H & & H\end{matrix} \qquad\qquad \begin{matrix}CH_3 & & H\\ & C=C & \\ H & & CH_3\end{matrix}$$

সিস ট্রান্স

$$\begin{matrix}CH_3\\ & C=CH_2\\ CH_3\end{matrix}$$ আইসোবিউটিলিন বা 2-মিথাইল প্রোপ্ 1-ইন (–6·6°C)

পেট্রোলিয়ামের ভঞ্জনের দ্বারা তিন প্রকার বিউটিনই পাওয়া যায়। n-বিউটাইল কোহলের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় α-বিউটিলিন এবং কিছুটা β-বিউটিলিন পাওয়া যায়। n-বিউটেনকে উত্তপ্ত অ্যালুমিনা ও ক্রোমিক অক্সাইডের (600°C) উপর দিয়ে পরিচালিত করলে α ও β (কিছুটা) বিউটিলিন পাওয়া যায়। 2-বিউটানল এর জলবিযুক্ত (Dehydration) বিক্রিয়ার α ও β উভয় প্রকার বিউটিলিন প্রস্তুত হবে, কিন্তু সেটজেফ নিয়ম (Saytzeff's rule) অনুসারে β-বিউটিলিন বেশি উৎপন্ন হবে।

$$CH_3.CH_2.\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}.CH_3 \longrightarrow CH_3.CH=CH.CH_3 + CH_3.CH_2.CH=CH_2.$$

কোহলের জল বিযুক্ত বিক্রিয়ার দ্বারা বা হ্যালাইডের হ্যালোজিনিক অ্যাসিড বিযুক্ত (Dehydrohalogenation) বিক্রিয়ার দ্বারা সবচেয়ে বেশি প্রতিস্থাপিত (Substituted) অলিফিন অধিক উৎপন্ন হবে। এই নিয়মকেই সেটজেফ নিয়ম (Saytzeff's rule) বলে।

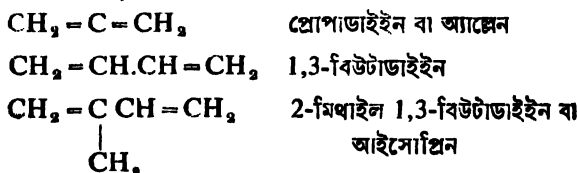
ইথিলিনের প্রত্যেক কার্বনের একটি হাইড্রোজেন মিথাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে β-বিউটিলিন এবং ইথিলিনের একটি হাইড্রোজেন একটি ইথাইল মূলক প্রতিস্থাপিত হলে α-বিউটিলিন উৎপন্ন হয়। অতএব β-বিউটিলিন α-বিউটিলিনের থেকে বেশি প্রতিস্থাপিত অলিফিন।

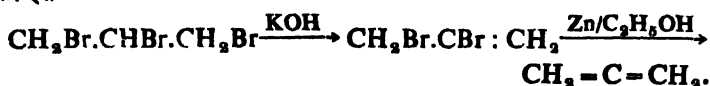
দুইটি দ্বিবন্ধ বিশিষ্ট অসংপৃক্ত অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বন

দুইটি দ্বিবন্ধ বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বনকে ডাই-অলিফিন (diolefin) বা অ্যালকাডাইইন (alkadiene) বলে।

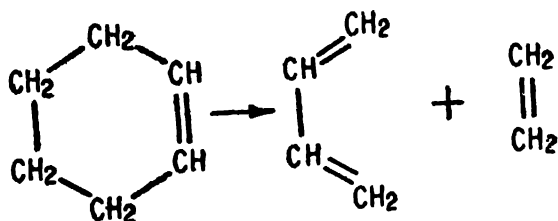
$CH_2=C=CH_2$ — প্রোপাডাইইন বা অ্যালেন

$CH_2=CH.CH=CH_2$ — 1,3-বিউটাডাইইন

$CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}\,CH=CH_2$ — 2-মিথাইল 1,3-বিউটাডাইইন বা আইসোপ্রিন

1 : 2 : 3 ট্রাইব্রোমো প্রোপেনকে কঠিন কস্টিক পটাশ দিয়ে উত্তপ্ত করলে যে উৎপন্ন বস্তু পাওয়া যাবে তাকে দস্তারজ ও কোহল সহযোগে উত্তপ্ত করলে প্রোপাডাইইন উৎপন্ন হয়।

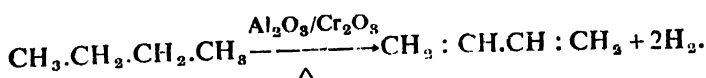
$$CH_2Br.CHBr.CH_2Br \xrightarrow{KOH} CH_2Br.CBr:CH_2 \xrightarrow{Zn/C_2H_5OH} CH_2=C=CH_2.$$

অ্যাল্লেন বা প্রোপাডাইইন গ্যাসীয় পদার্থ। অত্যন্ত সক্রিয়। এই প্রকার পরপর কার্বন পরমাণুতে দুটি দ্বিবন্ধ থাকলে সেই ডাই-অলিফিন যৌগকে পুঞ্জীভূত (Cumulated) দ্বিবন্ধ যৌগ বলে।

দ্বিবন্ধ ও একবন্ধ ক্রমান্বয়ে থাকলে, সেই অসংপৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে যুগ্ম ডাইইন (Conjugated) হাইড্রোকার্বন বলে। সরলতম যুগ্ম হাইড্রোকার্বনের উদাহরণ বিউটাডাইইন। উত্তপ্ত নিক্রোম (Ni, Cr, Fe) তারের উপর দিয়ে সাইক্লো-হেক্সিনকে পরিচালিত করলে বিউটাডাইইন পাওয়া যায়।

$$\begin{array}{ccc} & CH_2 & \\ CH_2 & & CH \\ | & & \| \\ CH_2 & & CH \\ & CH_2 & \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} \quad CH_2 \\ CH{=} \\ | \\ CH{=} \\ \quad CH_2 \end{array} + \begin{array}{c} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{array}$$

উত্তপ্ত অ্যালুমিনা জিংক অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়ে ইথানলের বাষ্প পরিচালিত করলে বিউটাডাইইন পাওয়া যায়

$$2C_2H_5OH \rightarrow CH_2{=}CH.CH{=}CH_2 + 2H_2O.$$

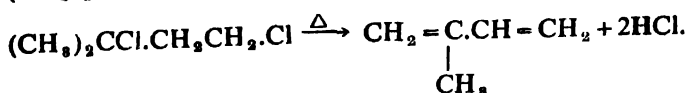
n-বিউটেনকে হাইড্রোজেন বিযুক্ত (Dehydrogenation) বিক্রিয়ার দ্বারা বিউটাডাইইন পাওয়া যায়

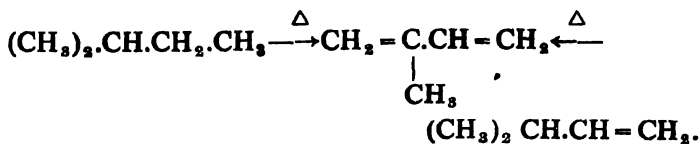
$$CH_3.CH_2.CH_2.CH_3 \xrightarrow[\Delta]{Al_2O_3/Cr_2O_3} CH_2 : CH.CH : CH_2 + 2H_2.$$

বিউটাডাইইন বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক $-2{\cdot}6^\circ C$।

বুনা (Buna) রাবার প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে বিউটাডাইইন ব্যবহৃত হয়।

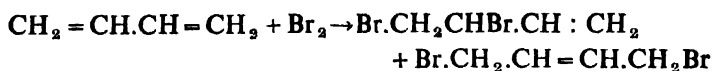
আইসোপ্রিন বা 2 মিথাইল 1 : 3 বিউটাডাইইন অত্যন্ত প্রয়োজনীয় যুগ্ম দ্বিবন্ধ যৌগ।

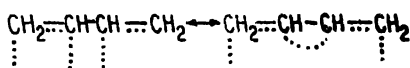
$(CH_3)_2CCl.CH_2.CH_2.Cl$-কে উত্তপ্ত করে আইসোপ্রিন পাওয়া যায়।

$$(CH_3)_2CCl.CH_2CH_2.Cl \xrightarrow{\Delta} CH_2{=}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}.CH{=}CH_2 + 2HCl.$$

উত্তপ্ত অ্যালুমিনা, ক্রোমিক অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়ে আইসো পেন্টেন বা পেন্টিন পরিচালিত করলে আইসোপ্রিন পাওয়া যায়।

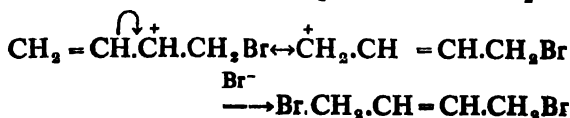
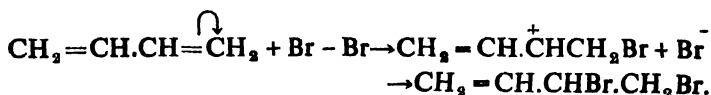
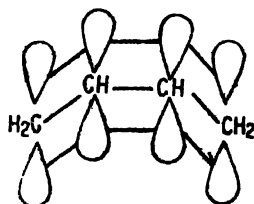
$$(CH_3)_2.CH.CH_2.CH_3 \xrightarrow{\Delta} CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}.CH=CH_2 \xleftarrow{\Delta} (CH_3)_2\,CH.CH=CH_2.$$

আইসোপ্রিন তরল পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক 35°C। সোডিয়ামের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে বহুগুণন বিক্রিয়ায় বহুলীভূত হয়ে পড়ে, যেটি প্রাকৃতিক রাবারের মত পদার্থ।

যুগ্ম অলিফিন যৌগের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়ার ফলে দু প্রকার ডাইব্রোমো যৌগ 3, 4 ডাইব্রোমো বিউট 1-ইন (1, 2 সংযোজনের দ্বারা) এবং 1, 4 ডাইব্রোমো বিউট্ 2-ইন (1, 4 সংযোজনের দ্বারা) উৎপন্ন হয়।

$$CH_2=CH.CH=CH_2+Br_2 \rightarrow Br.CH_2CHBr.CH:CH_2 + Br.CH_2.CH=CH.CH_2Br$$

1, 2 সংযোজনটি প্রত্যাশিত হলেও 1, 4 সংযোজনটি অপ্রত্যাশিত এবং এই অপ্রত্যাশিত সংযোজনকে ব্যাখ্যা করতে থিলা (Thiele) তাঁর আংশিক যোজ্যতা তত্ত্ব (Thiele's theory of partial valencies) উপস্থিত করেন। থিলার তত্ত্ব অনুসারে দুইটি কার্বন পরমাণুকে একটি এক যোজক সম্পূর্ণভাবে ধরে রাখতে পারে, কিন্তু দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বিযোজক থাকলে দ্বিযোজকটি সম্পূর্ণভাবে (100%) ব্যবহৃত হয় না এবং দ্বিবন্ধযুক্ত প্রত্যেক কার্বনে অবশিষ্ট (Residual) অতিরিক্ত কিছু পরিমাণ যোজ্যতা পড়ে থাকে। একে অবশিষ্ট যোজ্যতা (Residual valency) বা আংশিক যোজ্যতা (Partial valency) বলে এবং বিন্দুকিত (Dotted) রেখা দিয়ে প্রকাশ করা হয়। মধ্যবর্তী পর পর দুটি আংশিক যোজ্যতা উন্মুক্ত না থেকে নিজেরা তৃপ্ত বা যুক্ত হতে পারে। কিন্তু প্রান্তিক কার্বনে অবস্থিত আংশিক যোজ্যতা উন্মুক্ত থাকে, ফলে যৌগের এই দুই অংশ সক্রিয় থাকে এবং অপ্রত্যাশিত 1 : 4 সংযোজন বিক্রিয়া করে।

$$CH_2\!\vdots\!=CH\!-\!CH\!=\!\vdots CH_2 \longleftrightarrow CH_2\!=\!CH\!-\!CH\!=\!CH_2$$

থিলার তত্ত্ব 1 : 4 সংযোজনকে ব্যাখ্যা করলেও 1, 2 সংযোজনকে ব্যাখ্যা করতে পারে না।

$$CH_2=CH.CH=CH_2+Br-Br \rightarrow CH_2=CH.\overset{+}{C}HCH_2Br+\overset{-}{Br} \rightarrow CH_2=CH.CHBr.CH_2Br.$$

$$CH_2=CH.\overset{+}{C}H.CH_2Br \leftrightarrow \overset{+}{C}H_2.CH=CH.CH_2Br \xrightarrow{Br^-} Br.CH_2.CH=CH.CH_2Br$$

যুগ্ম দ্বিবন্ধ মুক্ত অলিফিন যৌগের স্থায়িত্ব : যুগ্ম দ্বিবন্ধ যুক্ত অলিফিন যৌগ যতটা সক্রিয় হওয়ার কথা ছিল তার চেয়ে অনেক কম সক্রিয় অর্থাৎ এইরূপ যৌগের স্থায়িত্ব অনেক বেশি। যেমন বিউটাডাইইনের স্থায়িত্ব অনেক বেশি। বিউটা-ডাইইনের প্রত্যেকটি কার্বনের তিনটি করে sp^2 হাইব্রিডাইজড অরবাইটাল একই তলে আছে এবং এই তলের সঙ্গে লম্বভাবে একটি করে p_z অরবাইটাল প্রতিটি কার্বনের সঙ্গে আছে। এতে p_z অরবাইটালগুলি পাশে আংশিক উপরিপাত দ্বারা আণবিক অরবাইটাল (Molecular orbital) গঠন করে এবং p_z ইলেকট্রনগুলি স্থানবদ্ধ বা সীমাবদ্ধ (Localized) না থেকে পরিব্যাপ্ত বা স্থানচ্যুত (Delocalized) হয় এবং অনেকটা জায়গায় (আয়তনে) বিচরণ করতে পারে। ফলে বেশি বন্ধন শক্তি (Binding energy) প্রয়োজন হয় অর্থাৎ বেশি স্থায়ী হয়।

চিত্র 33

অ্যালকাইন সমূহ (Alkynes)

একটি ত্রিবন্ধ বা ত্রিযোজক বিশিষ্ট অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বনকে অ্যালকাইন বা অ্যাসিটিলিন যৌগ বলে। অ্যাসিটিলিন C_2H_2 সরলতম অ্যালকাইন। অ্যালকাইনের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n-2}।

নামকরণ : (1) IUPAC পদ্ধতি : অ্যালকাইন শ্রেণীর প্রথম সদস্যকে অ্যাসিটিলিন বলে। এছাড়া অন্যান্য সদস্যদের নামকরণে সমসংখ্যক কার্বন বিশিষ্ট অ্যালকেনের (Alkane) নামের শেষ অংশ 'এন'কে 'আইন' দ্বারা পরিবর্তন করে করা হয়। এক্ষেত্রে ত্রিযোজক সমেত সবচেয়ে দীর্ঘ কার্বন শৃঙ্খলকে নিরূপণ করা হয় এবং ত্রিযোজক বা অন্য অ্যালকাইল মূলকের অবস্থান সংখ্যা দ্বারা সূচীত করা হয়। যে প্রান্তিক কার্বন পরমাণুর নিকটে ত্রিযোজক অবস্থিত সেই প্রান্তিক কার্বন পরমাণু থেকে ক্রমান্বয়ে কার্বনগুলিকে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। দুই বা তিন কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালকাইনের কোন সমাবয়ব হয় না। অতএব এদের ক্ষেত্রে ত্রিযোজকের অবস্থান বলার প্রয়োজন হয় না।

$CH{\equiv}CH$	অ্যাসিটিলিন বা ইথাইন
$CH_3.C{\equiv}CH$	প্রোপাইন
$CH_3.CH_2.C{\equiv}CH$	বিউট 1-আইন বা 1-বিউটাইন
$CH_3.C{\equiv}C.CH_3$	বিউট 2-আইন বা 2-বিউটাইন

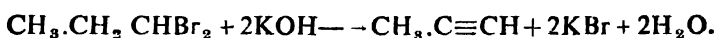
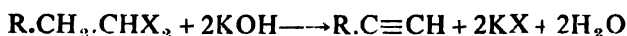
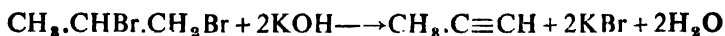
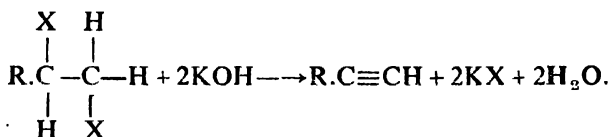
(2) অ্যালকাইন সদস্যদের অনেক সময় অ্যাসিটিলিনের জাতক হিসেবেও নামকরণ করা হয়। যেমন $CH_3.C\equiv CH$-কে মিথাইল অ্যাসিটিলিন, $CH_3.CH_2.C\equiv CH$-কে ইথাইল অ্যাসিটিলিন এবং $CH_3.C\equiv C.CH_3$-কে ডাই-মিথাইল অ্যাসিটিলিন বলে।

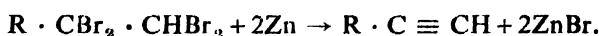
সাধারণ প্রস্তুত প্রণালীসমূহ : (1) হ্যালোজিনিক অ্যাসিড বিযুক্ত (Dehydrogenation) দ্বারা : কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে জেম বা ভিক ডাই-হ্যালো অ্যালকেনকে উত্তপ্ত করলে অ্যালকাইন উৎপন্ন হয়।

$$R.\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{X}{|}}{C}}-\underset{\underset{X}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-H+2KOH\longrightarrow R.C\equiv CH+2KX+2H_2O.$$

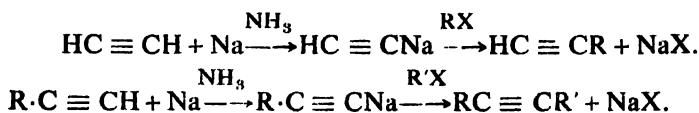
$$CH_3.CHBr.CH_2Br+2KOH\longrightarrow CH_3.C\equiv CH+2KBr+2H_2O$$

$$R.CH_2.CHX_2+2KOH\longrightarrow R.C\equiv CH+2KX+2H_2O$$

$$CH_3.CH_2\ CHBr_2+2KOH\longrightarrow CH_3.C\equiv CH+2KBr+2H_2O.$$

2. **হ্যালোজেন বিযুক্ত দ্বারা :** $R\cdot CBr_2\cdot CHBr_2$ ন্যায় টেট্রাহ্যালো যৌগকে দস্তঃরজ দিয়ে উত্তপ্ত করে অ্যালকাইন প্রস্তুত করা যায়।

$$R\cdot CBr_2\cdot CHBr_2+2Zn\rightarrow R\cdot C\equiv CH+2ZnBr.$$

3. তরল অ্যামোনিয়ার উপস্থিতিতে সোডিয়ামের সঙ্গে অ্যাসিটিলিনের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত সোডিয়াম অ্যাসিটিলাইডের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয়।

$$HC\equiv CH+Na\xrightarrow{NH_3}HC\equiv CNa\xrightarrow{RX}HC\equiv CR+NaX.$$

$$R\cdot C\equiv CH+Na\xrightarrow{NH_3}R\cdot C\equiv CNa\xrightarrow{R'X}RC\equiv CR'+NaX.$$

ধর্ম

ভৌত ধর্ম : প্রথম তিনটি অ্যালকাইন গ্যাসীয় পদার্থ। জলে খুবই কম দ্রাব্য। অ্যালকাইনগুলির গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, ঘনত্ব আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধিতে বৃদ্ধি পায়।

রাসায়নিক ধর্ম : রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অ্যালকাইনগুলি অলিফিনের মত, তবে বেশ সক্রিয়।

1. **হাইড্রোজেন সংযোগ :** নিকেল বা প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকাইনগুলি দুধাপে হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অলিফিন (প্রথম

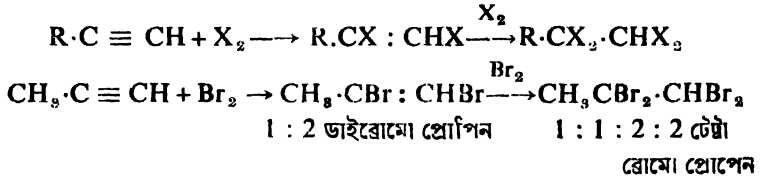
ধাপে) এবং পরে অ্যালকেন উৎপন্ন করে। অনুঘটকের সঙ্গে বেরিয়াম সালফেট ব্যবহার করলে অলিফিন বেশি পাওয়া যায়।

$$R \cdot C \equiv CH + H_2 \rightarrow R \cdot CH = CH_2 \xrightarrow{H_2} R \cdot CH_2 \cdot CH_3.$$

2. **হ্যালোজেন সংযোগ :** দু'ধাপে হ্যালোজেন অ্যালকাইনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-হ্যালো এবং টেট্রা-হ্যালো যৌগ উৎপন্ন করে।

$$R{\cdot}C \equiv CH + X_2 \longrightarrow R.CX : CHX \xrightarrow{X_2} R{\cdot}CX_2{\cdot}CHX_2$$

$$CH_3{\cdot}C \equiv CH + Br_2 \rightarrow CH_3{\cdot}CBr : CHBr \xrightarrow{Br_2} CH_3CBr_2{\cdot}CHBr_2$$

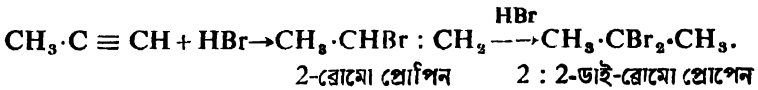
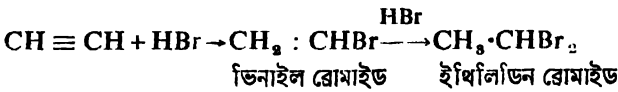
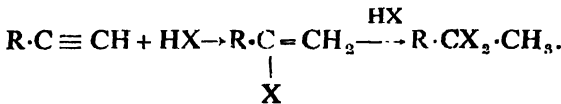
1 : 2 ডাইব্রোমো প্রোপিন 1 : 1 : 2 : 2 টেট্রা ব্রোমো প্রোপেন

3. **হ্যালোজিনিক অ্যাসিড সংযোগ :** দু'ধাপে হ্যালোজিনিক অ্যাসিড অ্যালকাইনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হ্যালো অ্যালকিন ও ডাই-হ্যালো অ্যালকেন উৎপন্ন করে। (মার্কোনিকফ নিয়ম অনুযায়ী)

$$R{\cdot}C \equiv CH + HX \rightarrow R{\cdot}\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{C}} = CH_2 \xrightarrow{HX} R{\cdot}CX_2{\cdot}CH_3.$$

$$CH \equiv CH + HBr \rightarrow CH_2 : CHBr \xrightarrow{HBr} CH_3{\cdot}CHBr_2$$

ভিনাইল ব্রোমাইড ইথিলিডিন ব্রোমাইড

$$CH_3{\cdot}C \equiv CH + HBr \rightarrow CH_3{\cdot}CHBr : CH_2 \xrightarrow{HBr} CH_3{\cdot}CBr_2{\cdot}CH_3.$$

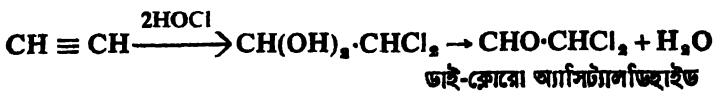
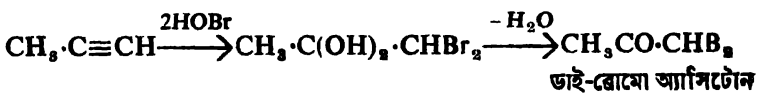
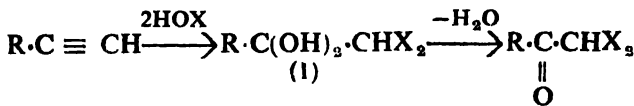
2-ব্রোমো প্রোপিন 2 : 2-ডাই-ব্রোমো প্রোপেন

4. **হাইপোহ্যালাস অ্যাসিড সংযোগ :** হাইপোহ্যালাস অ্যাসিড দু'ধাপে অ্যালকাইনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে প্রথমে মধ্যবর্তী অস্থায়ী যৌগ (I) গঠন করে, পরে যার থেকে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে ডাই-হ্যালো কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন করে।

$$R{\cdot}C \equiv CH \xrightarrow{2HOX} \underset{(I)}{R{\cdot}C(OH)_2{\cdot}CHX_2} \xrightarrow{-H_2O} R{\cdot}\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}{\cdot}CHX_2$$

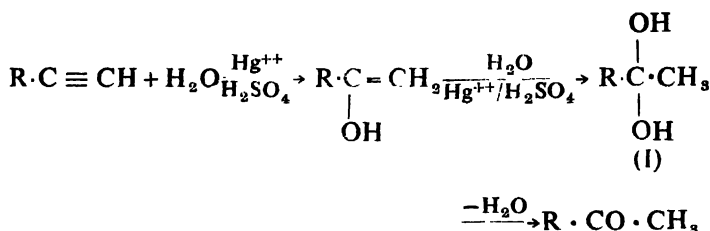
$$CH_3{\cdot}C{\equiv}CH \xrightarrow{2HOBr} CH_3{\cdot}C(OH)_2{\cdot}CHBr_2 \xrightarrow{-H_2O} CH_3CO{\cdot}CHB_2$$

ডাই-ব্রোমো অ্যাসিটোন

$$CH \equiv CH \xrightarrow{2HOCl} CH(OH)_2{\cdot}CHCl_2 \rightarrow CHO{\cdot}CHCl_2 + H_2O$$

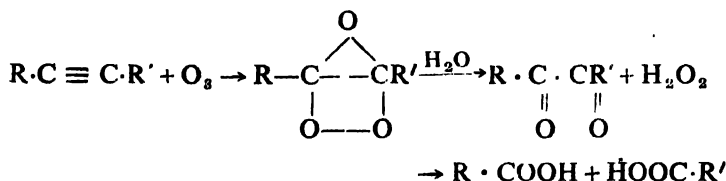
ডাই-ক্লোরো অ্যাসিট্যালডিহাইড

5. **জল সংযোগঃ** লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ ও মারকিউরিক লবণের (Hg^{++}) উপস্থিতিতে জল অ্যালকাইনের সঙ্গে দু'ধাপে বিক্রিয়া করে মধ্যবর্তী অস্থায়ী যৌগ (I) উৎপন্ন করে। পরে যার থেকে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন করে।

$$R\cdot C\equiv CH + H_2O \xrightarrow[H_2SO_4]{Hg^{++}} R\cdot \underset{\underset{OH}{|}}{C}=CH_2 \xrightarrow[Hg^{++}/H_2SO_4]{H_2O} R\cdot \overset{\overset{OH}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}\cdot CH_3 \quad (I)$$

$$\xrightarrow{-H_2O} R\cdot CO\cdot CH_3$$

$R=H$ হলে অর্থাৎ অ্যাসিটিলিনের ক্ষেত্রে অ্যাসিট্যালডিহাইড এবং $R=CH_3$ অর্থাৎ প্রোপাইন হলে অ্যাসিটোন উৎপন্ন হবে।

6. **ওজোন সংযোগঃ** ওজোনের সঙ্গে অ্যালকাইন বা অ্যাসিটিলিন যৌগ বিক্রিয়া করে ওজোনাইড উৎপন্ন করে। ওজোনাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-কিটোন ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ডাই-কিটোনকে জারিত করে কার্বক্সিল অ্যাসিড বা অ্যাসিড মিশ্রণে পরিণত করে।

$$R\cdot C\equiv C\cdot R' + O_3 \rightarrow R{-}\overset{\overset{O}{\diagup\diagdown}}{C{-}{-}CR'} \text{ (with } O{-}O \text{ bridge below)} \xrightarrow{H_2O} R\cdot \underset{\underset{O}{\|}}{C}\cdot \underset{\underset{O}{\|}}{C}R' + H_2O_2$$

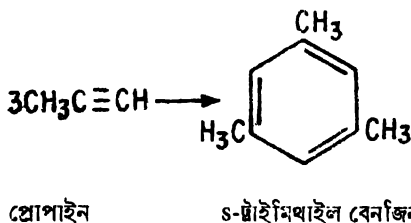
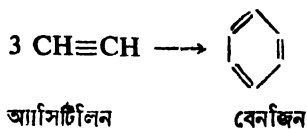
$$\rightarrow R\cdot COOH + HOOC\cdot R'$$

এই বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন যৌগের ত্রিবন্ধ বরাবর অণুটি ভেঙ্গে যায় এবং ত্রিবন্ধ যুক্ত কার্বনগুলি কার্বক্সিল মূলকে পরিণত হয়। $R=R'=H$ হলে অর্থাৎ অ্যাসিটিলিনের ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়ায় 2 অণু ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং প্রোপাইনের ($R=CH_3$ এবং $R'=H$) ক্ষেত্রে এক অণু ফরমিক ও এক অণু অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ প্রতিসাম্য (Symmetrical) অ্যালকাইনের ক্ষেত্রে এক প্রকার অ্যাসিড অপ্রতিসাম্য (Unsymmetrical) অ্যালকাইনের ক্ষেত্রে দু'প্রকার অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

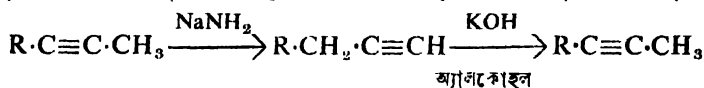
7. লোহিত তপ্ত নলের মধ্য দিয়ে অ্যাসিটিলিন শ্রেণীর যৌগগুলি পরিচালিত করলে যৌগের অণুগুলি বহুলীভূত হয়।

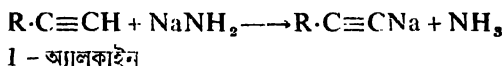
$$3\ CH\equiv CH \longrightarrow \text{(benzene ring)}$$

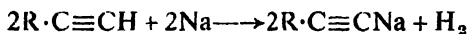
অ্যাসিটিলিন বেনজিন

$$3CH_3C\equiv CH \longrightarrow \text{(1,3,5-}(CH_3)_3C_6H_3\text{)}$$

প্রোপাইন s-ট্রাইমিথাইল বেনজিন

8. **সমাবয়বীকরণ** (Isomerisation) ঃ সোডিয়াম অ্যামাইডের উপস্থিতিতে 2-অ্যালকাইনগুলিকে উত্তপ্ত করলে 1 অ্যালকাইনে এবং কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে 1 অ্যালকাইন 2 অ্যালকাইনে পরিণত হয়।

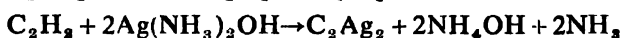
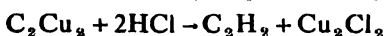
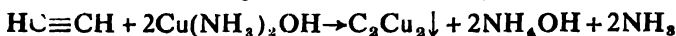
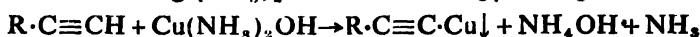
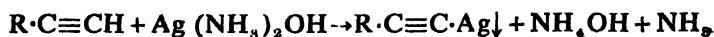
$$R\cdot C\equiv C\cdot CH_3 \xrightarrow{NaNH_2} R\cdot CH_2\cdot C\equiv CH \xrightarrow[\text{অ্যালকোহল}]{KOH} R\cdot C\equiv C\cdot CH_3$$

9. **ধাতব অ্যালকিনাইড যৌগ গঠন** ঃ অ্যালকাইন যৌগগুলি (1 – অ্যালকাইন) সোডামাইডের (তরল অ্যামোনিয়ার মাধ্যমে) সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম অ্যালকিনাইড যৌগ উৎপন্ন করে।

$$\underset{1\ -\ \text{অ্যালকাইন}}{R\cdot C\equiv CH} + NaNH_2 \longrightarrow R\cdot C\equiv CNa + NH_3$$

ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে অ্যালকাইনকে উত্তপ্ত করেও সোডিয়াম অ্যালকিনাইড যৌগ উৎপন্ন করা যায়।

$$2R\cdot C\equiv CH + 2Na \longrightarrow 2R\cdot C\equiv CNa + H_2$$

অ্যাসিটিলিনের ক্ষেত্রে মনো, ডাই দু প্রকার সোডিয়াম যৌগ উৎপন্ন হয়।

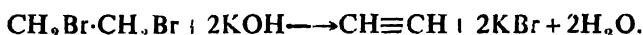
$$HC\equiv CH + Na \rightarrow HC\equiv CNa \xrightarrow{Na} NaC\equiv CNa$$

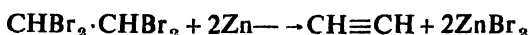
অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে 1 অ্যালকাইন যৌগ পরিচালিত করলে লাল রংয়ের কিউপ্রাস অ্যালকিনাইড এবং অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্যে 1 অ্যালকাইন যৌগ পরিচালিত করলে সাদা রঙের সিলভার অ্যালকিনাইড যৌগ উৎপন্ন করে। ধাতব অ্যালকিনাইড যৌগকে অম্লীকৃত করে উত্তপ্ত করলে অ্যালকাইন যৌগ পুনরায় পাওয়া যায়।

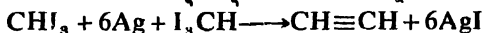
$$R\cdot C\equiv CH + Ag(NH_3)_2OH \rightarrow R\cdot C\equiv C\cdot Ag\downarrow + NH_4OH + NH_3$$
$$R\cdot C\equiv CH + Cu(NH_3)_2OH \rightarrow R\cdot C\equiv C\cdot Cu\downarrow + NH_4OH + NH_3$$
$$HC\equiv CH + 2Cu(NH_3)_2OH \rightarrow C_2Cu_2\downarrow + 2NH_4OH + 2NH_3$$
$$C_2Cu_2 + 2HCl \rightarrow C_2H_2 + Cu_2Cl_2$$
$$C_2H_2 + 2Ag(NH_3)_2OH \rightarrow C_2Ag_2 + 2NH_4OH + 2NH_3$$

অ্যাসিটিলিন, ইথাইন (Acetylene, Ethyne) C_2H_2.

অ্যালকাইন শ্রেণীর প্রথম সদস্য এবং সবচেয়ে প্রয়োজনীয় অ্যালকাইন। ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় এডমাণ্ড ডেভি (Edmunt Davy) প্রথম অ্যাসিটিলিনকে আবিষ্কার করেন। কোল গ্যাসে খুব অল্প পরিমাণে অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায়। পেট্রোলিয়ামের ভঞ্জন দিয়েও অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায়।

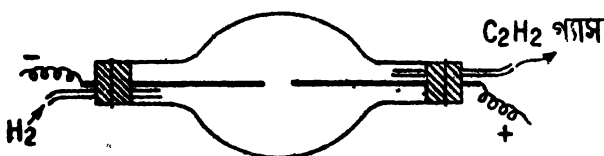
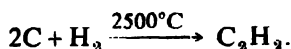
প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিঃ (1) ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইডের সঙ্গে কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয়।

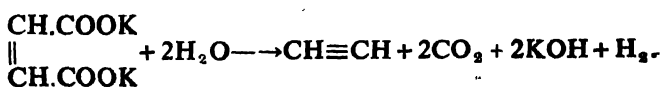
$$CH_2Br\cdot CH_2Br + 2KOH \longrightarrow CH\equiv CH + 2KBr + 2H_2O.$$

2. দস্তঃরজর সঙ্গে 1 : 1 : 2 : 2 টেট্রাব্রোমোইথেনের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায়।

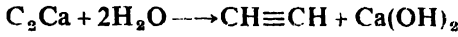
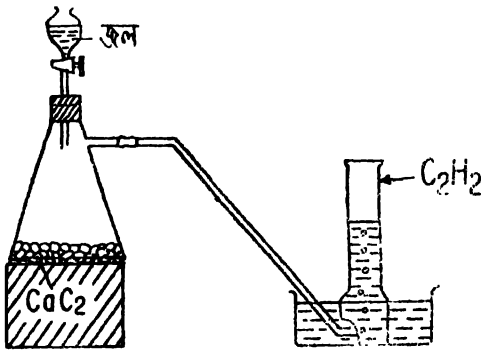
$$CHBr_2\cdot CHBr_2 + 2Zn \longrightarrow CH\equiv CH + 2ZnBr_2$$

3. আয়োডোফর্মের সঙ্গে রূপো চূর্ণের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায়।

$$CHI_3 + 6Ag + I_3CH \longrightarrow CH\equiv CH + 6AgI$$

4. হাইড্রোজেন গ্যাস মাধ্যমে কার্বন তড়িৎদ্বারের বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করে অ্যাসিটিলিনকে সংশ্লেষণ করা যায়।

চিত্র 34

$$2C + H_2 \xrightarrow{2500^\circ C} C_2H_2.$$

5. ম্যালেইক (Maleic) বা ফিউম্যারিক (Fumeric) অ্যাসিডের পটাশিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করে অ্যাসিটিলিন উৎপাদন করা যায়।

$$\begin{matrix} CH.COOK \\ \| \\ CH.COOK \end{matrix} + 2H_2O \longrightarrow CH\equiv CH + 2CO_2 + 2KOH + H_2.$$

6. সাধারণ তাপমাত্রায় ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা যায়। এই বিক্রিয়াটির সাহায্যে রসায়নাগারে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা হয়। শিল্পোৎপাদনেও এই বিক্রিয়ার সাহায্য নেওয়া হয়।

$$C_2Ca + 2H_2O \longrightarrow CH{\equiv}CH + Ca(OH)_2$$

রসায়নাগারে প্রস্তুত প্রণালী : পার্শ্বনলযুক্ত শঙ্কু ফ্লাস্কের মধ্যে বালির উপর ক্যালসিয়াম কার্বাইডের টুকরোগুলি নেওয়া হয়। ফ্লাস্কটির সঙ্গে বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নল যুক্ত থাকে। নির্গম নলের শেষ প্রান্তটি জলপূর্ণ গ্যাসজারের

চিত্র 35

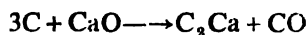
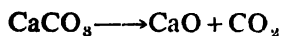
তলায় জলপূর্ণ পাত্রের (Water trough)-এর মধ্যে প্রবেশ করান থাকে। এখন বিন্দুপাতী ফানেল থেকে বিন্দু বিন্দু জল ক্যালসিয়াম কার্বাইডের উপর যোগ করা হয় এবং অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন হয় যা নির্গম নলের সাহায্যে গ্যাসজারের জলের নিম্ন অপসারণ দিয়ে সংগ্রহ করা হয়।

এইভাবে উৎপন্ন অ্যাসিটিলিন গ্যাস বিশুদ্ধ নয়। এতে ফসফিন (PH_3), আর্সিন (AsH_3), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), অ্যামোনিয়া অপদ্রব্য হিসেবে বর্তমান থাকে। এই সকল অপদ্রব্য থাকলে অ্যাসিটিলিনের একটি বিশ্রী গন্ধ হয়। এই গ্যাসকে কপার সালফেট দ্রবণ ও ব্লিচিং পাউডার দ্রবণে পূর্ণ ধৌত বোতলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে অপদ্রব্য মুক্ত করা হয়। কপার সালফেট হাইড্রোজেন সালফাইড ও অ্যামোনিয়া এবং ব্লিচিং পাউডার ফসফিন ও আর্সিনকে অপসারিত করে।

শিল্পোৎপাদন : (1) ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন

অ্যাসিটিলিন গ্যাসকে জলে ধুয়ে ব্যবহার করা হয়। কোক কয়লা পাথুরে চুন মিশ্রণকে 2500°C-এ উত্তপ্ত করে ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রস্তুত করা হয় (বৈদ্যুতিক চুল্লীতে)।

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

$$3C + CaO \longrightarrow C_2Ca + CO$$

(2) প্রাকৃতিক গ্যাসে প্রাপ্ত মিথেনকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা যায়।

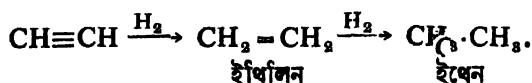
$$2CH_4 = C_2H_2 + 3H_2.$$

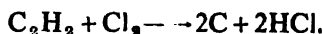
ধর্ম

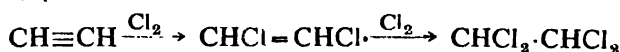
ভৌত ধর্ম ঃ বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিন ইথারের ন্যায় মিষ্টি গন্ধযুক্ত গ্যাসীয় পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক −82°C। অপদ্রব্য মিশ্রিত গ্যাস বিশ্রী গন্ধযুক্ত। জলে খুব কম দ্রাব্য, কিন্তু মিথেনের চেয়ে জলে বেশি দ্রাব্য। চাপে অ্যাসিটিলিনকে সহজে তরলে পরিণত করা যায়। কোহল, অ্যাসিটোন, ইথারে বেশ দ্রাব্য। অ্যাসিটোনে দ্রবীভূত করে এই গ্যাসকে স্থানান্তরিত করা হয়। তরল অ্যাসিটোন বিস্ফোরক পদার্থ। বাতাসে বা অক্সিজেনে ধোঁয়াযুক্ত উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে। এটি তাপোৎপাদক বিক্রিয়া।

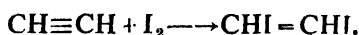
রাসায়নিক ধর্ম ঃ অ্যাসিটিলিনে একটি ত্রিবন্ধ থাকায়, এটি ইথিলিনের থেকে বেশি অসংপৃক্ত পদার্থ এবং এটি দুধাপে দুপ্রকার যুত যৌগ উৎপন্ন করে। একটি ত্রিবন্ধ একটি σ বন্ধন ও 2টি π বন্ধনের সমষ্টি। ফলে অ্যাসিটিলিনে দুটি কার্বন ও দুটি হাইড্রোজেন একটি সরলরেখায় অবস্থান করে। অর্থাৎ ডায়াগোনাল হাইব্রিডাইজড অবস্থায় থাকে। এক যোজ্যতা বিশিষ্ট দুটি মূলক ত্রিবন্ধ যুক্ত কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হলে অ্যাসিটিলিনের ডায়াগোনাল অবস্থা ট্রাইগোনাল অবস্থায় পরিবর্তিত হয় এবং আরো মূলক সংযোজিত হলে ট্রাইগোনাল অবস্থা থেকে টেট্রাগোনাল (Tetragonal) অবস্থায় পরিবর্তিত হয়। অ্যাসিটিলিনের বিক্রিয়াকে তিনভাগে ভাগ করা যায়—(i) যুত যৌগ বিক্রিয়া (ii) জারণ বিক্রিয়া (iii) বহুগুণন বিক্রিয়া।

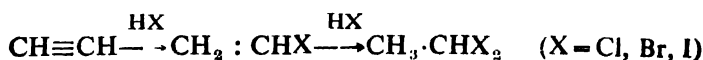
1. **হাইড্রোজেন সংযোগ ঃ** নিকেল বা প্লাটিনাম চূর্ণের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিন হাইড্রোজেনের সঙ্গে দুই পর্যায়ে বিক্রিয়া করে দুপ্রকার যুত যৌগ উৎপন্ন করে।

$$CH \equiv CH \xrightarrow{H_2} \underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2 = CH_2} \xrightarrow{H_2} \underset{\text{ইথেন}}{CH_3 \cdot CH_3}.$$

2. **হ্যালোজেন সংযোগঃ** সূর্যালোকে ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন কার্বন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এটি অবশ্য হ্যালোজেন সংযোগ বিক্রিয়া নয়।

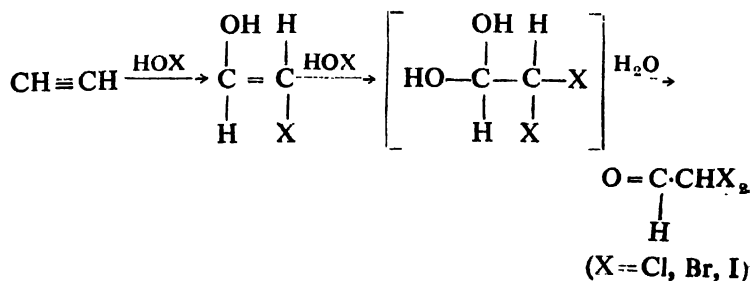
$$C_2H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2C + 2HCl.$$

সূর্যালোকের অনুপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিন ক্লোরিনের সঙ্গে সুতীব্রভাবে বিক্রিয়া করে। বিক্রিয়ার গতি কমাবার জন্য সালফার ডাই-ক্লোরাইড ও বিজারিত লোহা ব্যবহার করা হয়। এই বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন ডাই ও টেট্রাক্লোরাইড উভয় যৌগ উৎপন্ন হয়।

$$CH{\equiv}CH \xrightarrow{Cl_2} CHCl{=}CHCl \xrightarrow{Cl_2} CHCl_2{\cdot}CHCl_2$$

অ্যাসিটিলিন ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই ও টেট্রাব্রোমো যৌগ উৎপন্ন করে, কিন্তু আয়োডিনের কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কেবলমাত্র ডাই-আয়োডো অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয়।

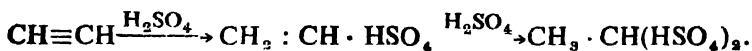
$$CH{\equiv}CH + I_2 \longrightarrow CHI{=}CHI.$$

3. **হ্যালোজিনিক অ্যাসিড সংযোগঃ** মারকিউরিক লবণের উপস্থিতিতে হ্যালোজিনিক অ্যাসিড দুই পর্যায়ে অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ভিনাইল হ্যালাইড ($CH_2 : CHX$) ও ইথিলিডিন হ্যালাইড ($CH_3{\cdot}CHX_2$) উৎপন্ন করে।

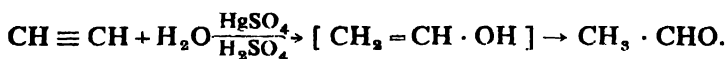
$$CH{\equiv}CH \xrightarrow{HX} CH_2 : CHX \xrightarrow{HX} CH_3{\cdot}CHX_2 \quad (X = Cl,\ Br,\ I)$$

4. **হাইপোহ্যালাস অ্যাসিড সংযোগঃ** হাইপোহ্যালাস অ্যাসিড দুই পর্যায়ে অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-হ্যালো অ্যাসিট্যালডিহাইড ($X_2CH{\cdot}CHO$) উৎপন্ন করে।

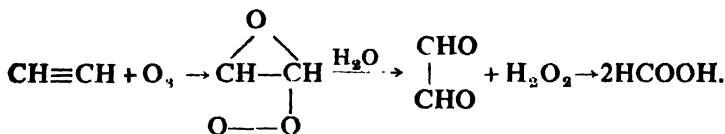
$$CH{\equiv}CH \xrightarrow{HOX} \begin{matrix} OH & H \\ | & | \\ C & = & C \\ | & | \\ H & X \end{matrix} \xrightarrow{HOX} \left[HO{-}\begin{matrix} OH \\ | \\ C \\ | \\ H \end{matrix}{-}\begin{matrix} H \\ | \\ C \\ | \\ X \end{matrix}{-}X \right] \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix} O{=}C{\cdot}CHX_2 \\ | \\ H \end{matrix}$$

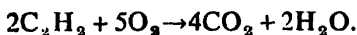
$$(X = Cl,\ Br,\ I)$$

জৈব যৌগের কোন কার্বন পরমাণুতে একাধিক হাইড্রক্সিল (OH) মূলক যুক্ত থাকলে যৌগটি ক্ষণস্থায়ী হয় এবং এক অণু জলকে বিমুক্ত করে অ্যালডিহাইড, কিটোন বা কার্বক্সিল অ্যাসিডে পরিণত হয়।

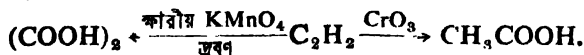
5. **সালফিউরিক অ্যাসিড সংযোগঃ** ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দুই পর্যায়ে অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ভিনাইল সালফেট ($CH_2=CH-HSO_4$) ও ইথিলিডিন সালফেট [$CH_3 \cdot CH(HSO_4)_2$] উৎপন্ন করে।

$$CH\equiv CH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_2 : CH \cdot HSO_4 \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3 \cdot CH(HSO_4)_2.$$

6. **জল সংযোগ ঃ** 60°C-এ মারকিউরিক লবণের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিন লঘু H_2SO_4-এর মধ্যে পরিচালিত করলে ক্ষণস্থায়ী ভিনাইল কোহল উৎপন্ন হয়। পরে যা পারমাণবিক পুনঃব্যবস্থাপনের দ্বারা অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়।

$$CH\equiv CH + H_2O \xrightarrow[H_2SO_4]{HgSO_4} [\ CH_2=CH \cdot OH\ ] \rightarrow CH_3 \cdot CHO.$$

7. **ওজোন সংযোগ ঃ** ওজোন অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ওজোনাইড উৎপন্ন করে, যা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে গ্লাইঅক্জাল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হয়। H_2O_2 গ্লাইঅক্জালকে দুই অণু ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

$$CH\equiv CH + O_3 \rightarrow \underset{O\text{---}O}{\overset{O}{CH\text{---}CH}} \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix} CHO \\ | \\ CHO \end{matrix} + H_2O_2 \rightarrow 2HCOOH.$$

8. **জারণ ঃ** অ্যাসিটিলিন বাতাস বা অক্সিজেনে উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। এটি তাপোৎপাদক বিক্রিয়া।

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O.$$

9. ক্রোমিক অ্যাসিড এবং ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের মধ্যে অ্যাসিটিলিন গ্যাস পরিচালিত করলে যথাক্রমে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও অক্জালিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$(COOH)_2 \xleftarrow[\text{দ্রবণ}]{\text{ক্ষারীয় } KMnO_4} C_2H_2 \xrightarrow{CrO_3} CH_3COOH.$$

10. **বহুগুণন বিক্রিয়া ঃ** (1) কিউপ্রাস ক্লোরাইড, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের মধ্যে অ্যাসিটিলিন পরিচালিত করলে ভিনাইল অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয়।

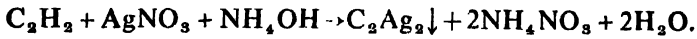
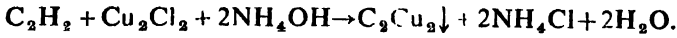
$$CH\equiv CH + HC\equiv CH \longrightarrow CH_2=CH \cdot C\equiv CH$$

(ii) লোহিত তপ্ত লোহার নলের মধ্য দিয়ে অ্যাসিটিলিন প্রবাহিত করলে বেনজিন উৎপন্ন হয়।

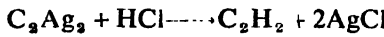
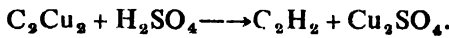
$$3CH\equiv CH \longrightarrow C_6H_6.$$

11. **অ্যাসিটিলিনের ধাতব জাতক** : (1) অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়া যুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্যে অ্যাসিটিলিন গ্যাস পরিচালিত করলে যথাক্রমে কিউপ্রাস অ্যাসিটিলাইড (লাল) ও সিলভার অ্যাসিটি-লাইড (সাদা) অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় ।

$$C_2H_2 + Cu_2Cl_2 + 2NH_4OH \rightarrow C_2Cu_2\downarrow + 2NH_4Cl + 2H_2O.$$

$$C_2H_2 + AgNO_3 + NH_4OH \rightarrow C_2Ag_2\downarrow + 2NH_4NO_3 + 2H_2O.$$

অ্যাসিটিলাইডকে হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে উত্তপ্ত করলে পুনরায় অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায় ।

$$C_2Cu_2 + H_2SO_4 \longrightarrow C_2H_2 + Cu_2SO_4.$$

$$C_2Ag_2 + HCl \longrightarrow C_2H_2 + 2AgCl$$

(ii) সোডামাইডের তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে অ্যাসিটিলিন পরিচালিত করলে মনো ও ডাই-সোডিয়াম অ্যাসিটিলাইড উৎপন্ন হয় ।

$$CH\equiv CH \xrightarrow{NaNH_2} CH\equiv CNa \xrightarrow{NaNH_2} NaC\equiv C{\cdot}Na.$$

অ্যাসিটিলিন অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ যৌগ কারণ অ্যাসিটিলিন থেকে নানা ধরনের মুক্ত শৃঙ্খল এবং যুক্ত শৃঙ্খল যৌগ গঠন করা যায় ।

ব্যবহার : (1) আলো উৎপাদনে ও অক্সিঅ্যাসিটিলিন শিখার জন্য, (2) অ্যাসিট্যালডিহাইড, অ্যাসিটোন, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, রাবার, প্লাস্টিক ইত্যাদি প্রস্তুতিতে, (3) কাঁচাফল পাকাবার জন্য (4) ওয়েস্ট্রোন (CHBr : CHBr) ও ওয়েস্ট্রোসল ($C_2H_2Br_4$) প্রস্তুতের জন্যে অ্যাসিটিলিন ব্যবহৃত হয় ।

সনাক্তকরণ : (1) অ্যাসিটিলিন ধোঁয়াযুক্ত উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে, (2) ব্রোমিন ও লঘু পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বিরঞ্জিত করে, (3) অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস হ্যালাইড ও অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে লাল রংয়ের কিউপ্রাস অ্যাসিটিলাইডের অধঃক্ষেপ ও সাদা রংয়ের সিলভার অ্যাসিটিলাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে ।

গঠন : (1) বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের দ্বারা জানা যায় যে, অ্যাসিটিলিনের আণবিক সংকেত C_2H_2 ।

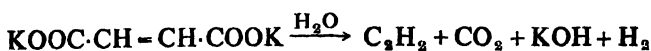
(2) অ্যাসিটিলিন এক অণু এবং দুই অণু হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে ইথিলিন ও ও ইথেন উৎপন্ন করে ।

$$C_2H_2 + H_2 \rightarrow C_2H_4 \xrightarrow{H_2} C_2H_6.$$

(3) অনুরূপভাবে অ্যাসিটিলিন এক অণু ও দুই অণু ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে ডাই ও টেট্রাব্রোমো যৌগ উৎপন্ন করে।

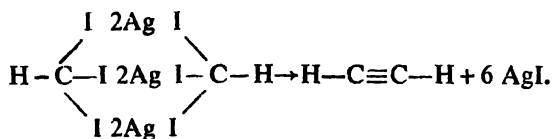
$$C_2H_2 \xrightarrow{Br_2} C_2H_2Br_2 \xrightarrow{Br_2} C_2H_2Br_4.$$

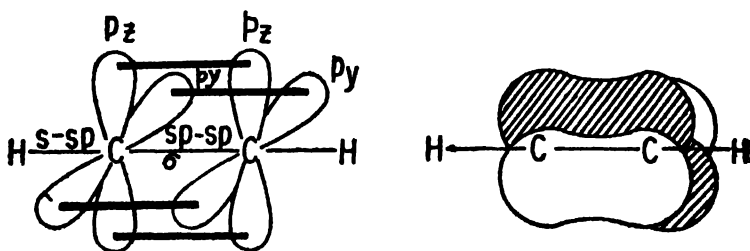
4. ম্যালেইক বা ফিউমারিক অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাশিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায়।

$$KOOC{\cdot}CH = CH{\cdot}COOK \xrightarrow{H_2O} C_2H_2 + CO_2 + KOH + H_2$$

5. অ্যাসিটিলিনের অণুতে কোন বিমুক্ত বন্ধন নেই। অতএব উপরের বিক্রিয়া থেকে এটা স্পষ্ট যে, অ্যাসিটিলিনের কার্বন ও কার্বনের মধ্যে ত্রিবন্ধ বর্তমান এবং প্রত্যেক কার্বনের সঙ্গে একটি হাইড্রোজেন যুক্ত আছে। সুতরাং অ্যাসিটিলিনের গঠন হবে,

$$H{-}C{\equiv}C{-}H.$$

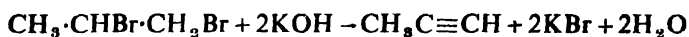
6. আয়োডোফর্ম ও রূপো চূর্ণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যাসিটিলিন উপরের গঠনকে সমর্থন করে।

```
      I  2Ag  I
     /          \
H - C—I  2Ag  I—C—H → H—C≡C—H + 6 AgI.
     \          /
      I  2Ag  I
```

সুতরাং, দুটি কার্বনের দুটি সমচতুষ্ফলকের যে কোন তলে পরস্পর যুক্ত এবং এই তলের বিপরীত দুটি কোণে দুটি হাইড্রোজেন সংযুক্ত। অতএব H—C—C—H একই সরলরেখায় অবস্থিত। এক্ষেত্রে H—C—C যোজক কোণের মাত্র 180° এবং H—C যোজকের দৈর্ঘ্য 1·06Å এবং C—C যোজকের দৈর্ঘ্য 1·20Å।

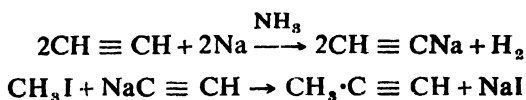
7. প্রত্যেক কার্বনের দুটি sp অরবাইটাল অপর কার্বন ও হাইড্রোজেনের সঙ্গে σ বন্ধন গঠনে ব্যবহার হয়েছে। প্রত্যেক কার্বনে অবশিষ্ট দুটি p ইলেকট্রন H—C—C—H সংযোজক সরলরেখার সঙ্গে লম্ব তলে আছে এবং ইলেকট্রন দুটি নিজেদের মধ্যেও লম্বভাবে আছে। এতে দুটি কার্বনের সমান্তরালে p অরবাইটালগুলি পরস্পরের সঙ্গে পাশাপাশি উপরিপাতের ফলে 2টি π বন্ধন সৃষ্টি করে।

চিত্র 36

প্রোপাইন (Propyne) C_3H_4.

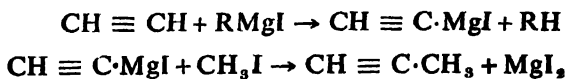
1. 1, 2 ডাই-ব্রোমো প্রোপেন কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে প্রোপাইন পাওয়া যায়।

$$CH_3 \cdot CHBr \cdot CH_2Br + 2KOH \rightarrow CH_3C \equiv CH + 2KBr + 2H_2O$$

2. সোডিয়াম অ্যাসিটিলাইডের সঙ্গে মিথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় প্রোপাইন প্রস্তুত করা যায়।

$$2CH \equiv CH + 2Na \xrightarrow{NH_3} 2CH \equiv CNa + H_2$$

$$CH_3I + NaC \equiv CH \rightarrow CH_3 \cdot C \equiv CH + NaI$$

3. অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে গ্রিগ্‌নার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বস্তু মিথাইল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রোপাইন উৎপন্ন করে।

$$CH \equiv CH + RMgI \rightarrow CH \equiv C \cdot MgI + RH$$

$$CH \equiv C \cdot MgI + CH_3I \rightarrow CH \equiv C \cdot CH_3 + MgI_2$$

প্রোপাইন বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাসীয় পদার্থ। প্রোপাইনের রাসায়নিক ধর্ম অ্যালকাইন শ্রেণীর সাধারণ ধর্মের ন্যায়।

অ্যাসিটিলিনের থেকে প্রাপ্ত যৌগসমূহ

$$\xrightarrow{H_2} C_2H_4 \xrightarrow{H_2} C_2H_6$$

$$\xrightarrow{Br_2} CHBr : CHBr \xrightarrow{Br} CHBr_2 \cdot CHBr_2$$

$$\xrightarrow{H_2O} [CH_2 : CHOH] \rightarrow CH_3CHO \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$$

CH_3COOH থেকে:

$$\rightarrow CH_3CO \cdot CH$$
$$-CH_3COCl$$
$$-CH_3CO_2R$$
$$-CH_3CONH$$
$$-(CH_3CO)_2($$
$$CH_3CONH$$

$$\xrightarrow{O_3} \begin{matrix} & O & \\ CH & - & CH \\ | & & | \\ O & - & O \end{matrix} \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix} CHO \\ | \\ CHO \end{matrix} + H_2O_2 \rightarrow HCOOH$$

$$\xrightarrow{CrO_3} CH_3COOH$$

$$\xrightarrow{KMnO_4/NaOH} (COOH)_2$$

$$C_2H_2 - \xrightarrow{HX} CH_2 : CHX \xrightarrow{HX} CH_3 \cdot CHX_2 \qquad X = Cl, Br, I$$

$$\xrightarrow{HOX} HOCH : CHX \xrightarrow{HOX} [(HO)_2CH \cdot CHX_2] \rightarrow OHC \cdot CHX_2$$

$$X = Cl, Br.$$

$$\xrightarrow{Cu_2Cl_2/NH_4Cl/HCl} CH_2 : CH \cdot C \equiv CH.$$

$$\xrightarrow{\text{উত্তপ্ত Cu নল}} C_6H_6.$$

$$\xrightarrow{NaNH_2/NH_3} CH : CNa \xrightarrow{NaNH_2/NH_3} Na \cdot C : CNa \xrightarrow{RH} R \cdot C \equiv C \cdot R$$

$$CH : CNa \xrightarrow{RX} R \cdot C : CH$$

$$R \cdot C : CH \xrightarrow{NaNH_2/NH_3} R.C : CNa \xrightarrow{R'X} R \cdot C \equiv CR'$$

$$\xrightarrow{Cu_2Cl_2/NH_4OH} C_2Cu_2 \xrightarrow{H^+} C_2H_2 + Cu^+$$

$$\xrightarrow{AgNO_3/NH_4OH} C_2Ag_2 \xrightarrow{H^+} C_2H_2 + Ag^+$$

প্রশ্নাবলী

1. প্যারাফিন কাকে বলে ? পেণ্টেনের সমাবয়বগুলির গঠন ও নাম লেখ এবং প্রত্যেকটি গঠনে কয়টি প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক, তৃতীয়ক ও চতুর্থক কার্বন পরমাণু আছে বল। প্যারাফিন শব্দের অর্থ কি ?

2. প্যারাফিন প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি ও ধর্ম আলোচনা কর।

3. নাম লেখ (i) $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH\begin{smallmatrix}\diagup CH_3\\ \diagdown CH_3\end{smallmatrix}$, (ii) $(CH_3)_4C$,

(iii) $CH_3{\cdot}CH(C_2H_5){\cdot}CH_2{\cdot}CH(CH_3){\cdot}CH_3$ (iv) $C(C_2H_5)(CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3)\text{—}CH(CH_3)_2$

(v) $CH_3\text{—}C(C_2H_5)(CH_2CH_3)\text{—}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3$

4. টীকা লিখ : (i) ভার্জ বিক্রিয়া (ii) বিকার্বক্সিলীকরণ (iii) কোলবের পদ্ধতি (iv) অ্যালকেনের তাপ বিযোজন (v) হ্যালোজিনেশান।

5. বিশুদ্ধ মিথেন কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? মিথেনের গঠন আলোচনা কর। কি কাজে মিথেনকে ব্যবহার করা হয় ?

6. প্রাকৃতিক গ্যাস কাকে বলে ? প্রাকৃতিক গ্যাস কোথায় পাওয়া যায় ? কি কাজে এই গ্যাস ব্যবহার করা হয় ?

7. পেট্রোলিয়াম তেল কি ? এর বৈশিষ্ট্য কি ? কি উপাদান এতে থাকে সাধারণত ? অপরিশোধিত তেলকে কিভাবে পরিশোধিত করা হয় ?

8. পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে প্রাপ্ত পদার্থসমূহের নাম লেখ। কোন্ তাপমাত্রায় কোন্‌টি পাওয়া যায় এবং প্রত্যেকটির পদার্থের ব্যবহার কি ?

9. টীকা লেখ : (i) অক্টেন নাম্বার (ii) পেট্রোলিয়ামের ভঞ্জন (iii) সংশ্লেষণ পেট্রোল (iv) বার্জিয়াস পদ্ধতি।

10. অলিফিন কাকে বলে ? অলিফিন প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি আলোচনা কর।

11. নিম্নলিখিত অলিফিনের গঠনগত সংকেত লেখ : (I) ∝ বিউটিলিন

(ii) বিউট 2-ইন (iii) 2 মিথাইল বিউট 1-ইন (iv) 3 ইথাইল 2 : 4 ডাই-মিথাইল হেক্স 2-ইন (v) ট্রান্স β বিউটিলিন।

12. টীকা লেখ: (i) মার্কোনিকফ সূত্র (ii) পারঅক্সাইড ক্রিয়া (iii) ওজোনোলিসিস ও হাইড্রোলিসিস (iv) সমাবয়বীকরণ (v) সেটজেফ নিয়ম (vi) থিলার আংশিক যোজ্যতা তত্ত্ব।

13. অলিফিনের দ্বিবন্ধের সনাক্তকরণ ও অবস্থান নির্ণয় কিভাবে করা হয়?

14. রসায়নাগারে ইথিলিন কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? ইথিলিনের ব্যবহার কি?

15. কি শর্তে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি ইথিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে এবং বিক্রিয়ায় কি পদার্থ উৎপন্ন হবে? (i) O_2 (ii) HOCl (iii) O_3 (iv) HBr.

16. ইথিলিনের গঠন বর্ণনা কর।

17. সংশ্লেষণ কর: (i) পলিথিন (ii) প্রোপিলিন (iii) বিউটাডাইন (iv) আইসোপ্রিন।

18. বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ কর:

(i) $CH_3{\cdot}CH : CH_2 + HCl \longrightarrow ?$

(ii) $CH_3{\cdot}CH : CH_2 + HBr \xrightarrow{\text{পার অক্সাইড}} ?$

(iii) $CH_2 = CH{\cdot}CH : CH_2 + Br_2 \longrightarrow ?$

19. বিউটিলিনের সমাবয়বগুলির গঠন ও নাম লেখ।

20. অ্যালকাইন প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ এবং সাধারণ ধর্ম লেখ।

21. অ্যাসিটিলিনকে রসায়নাগারে কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? অ্যাসিটিলিনকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়? এর গঠন সম্বন্ধে আলোচনা কর।

22. অ্যাসিটিলিনের ধাতবজাতক সম্বন্ধে সংক্ষেপে লেখ।

23. বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ কর:

(i) $CH_3{\cdot}C \equiv C{\cdot}CH_3 + O_3 \longrightarrow ? \xrightarrow{H_2O} ?$

(ii) $CH \equiv CH + HOCl \longrightarrow ? \xrightarrow{HOCl} ?$

(iii) $CH_3{\cdot}C \equiv CH \xrightarrow[\text{উত্তপ্ত}]{\text{Cu নল}} ?$

(iv) $CH \equiv CH + H_2O \xrightarrow{HgSO_4/H_2SO_4} ?$

৮

প্যারাফিনের হ্যালোজেন জাতকসমূহ
Halogen Derivatives of Paraffins

প্যারাফিন বা অ্যালকেনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু যখন সমসংখ্যক হ্যালোজেন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে যে যৌগ উৎপন্ন করে তাদের প্যারাফিনের হ্যালোজেন জাতক বলে। এই জাতকে অবস্থিত হ্যালোজেন পরমাণুর সংখ্যা দিয়ে এই শ্রেণীর যৌগদের শ্রেণীবিভাগ করা হয়। এদের মনো (mono), ডাই (di), ট্রাই (tri), পলি (poly), হ্যালো জাতক বলে। যেমন CH_3Cl-কে মনোহ্যালো, CH_2Cl_2 ডাই-হ্যালো, $CHCl_3$ ট্রাই-হ্যালো এবং CCl_4 টেট্রা-হ্যালো যৌগ বলে।

নামকরণ ঃ মনোহ্যালো যৌগে অবস্থিত অ্যালকাইল মূলকের নামের পর হ্যালাইড যোগ করে এই শ্রেণীর যৌগদের নামকরণ করা হয়। যেমন CH_3Cl মিথাইল ক্লোরাইড, $(CH_3)_2 \cdot CHI$ আইসো প্রোপাইল আয়োডাইড, $(CH_3)_3CCl$ টারবিউটাইল ক্লোরাইড ইত্যাদি।

দুটি হ্যালোজেন যখন একই কার্বনে যুক্ত থাকে তখন সেই হ্যালাইডকে জেম (gem) [geminal—যমজ] ডাই-হ্যালো যৌগ বলে। কোন অ্যালকেনের কোন একটি কার্বনের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারিত করলে সেই মূলককে অ্যালকাইলিডিন ($R \cdot CH<$) মূলক বলে। অতএব জেম ডাই-হ্যালো যৌগকে অ্যালকাইলিডেন হ্যালাইড বলা হয়। যেমন $CH_3 \cdot CHCl_2$ ইথিলিডিন ক্লোরাইড, $(CH_3)_2\ CCl_2$ আইসো প্রোপিলিডিন ক্লোরাইড, CH_2Cl_2 মেথিলিন ডাই-ক্লোরাইড ইত্যাদি বলা হয়।

পাশাপাশি দুটি কার্বনের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু যখন হ্যালোজেন দিয়ে অপসারিত হয় তখন সেই ডাই-হ্যালো যৌগকে 'ভিক' (vic) [vicinal-পাশাপাশি] ডাই-হ্যালো যৌগ বলে। এদের অলিফিনের ডাই-হ্যালো বলে নামকরণ করা হয়।

$CH_3 \cdot CHBr \cdot CH_2Br$ 1:2 প্রোপিলিন ডাই-ব্রোমাইড

$(CH_3)_2CCl \cdot CH_2Cl$ আইসো বিউটিলিন ডাই-ক্লোরাইড।

দুটি প্রান্তিক কার্বন পরমাণুতে যখন দুটি হ্যালোজেন থাকে তখন সেই যৌগদের terminal হ্যালো যৌগ বলে। এদের পলি-মেথিলিন হ্যালাইডও বলা হয়।

$Br{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2Br$ ট্রাই-মেথিলিন ব্রোমাইড। $Cl{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2Cl$ টেট্রামেথিলিন ক্লোরাইড ইত্যাদি।

IUPAC পদ্ধতিতে এই শ্রেণীর যে কোন সদস্যকে হ্যালো অ্যালকেন বলে। হ্যালোজেন বা অ্যালকাইল মূলকের অবস্থান ন্যূনতম সংখ্যা দিয়ে সূচীত করা হয় এবং বিভিন্ন ধরনের হ্যালোজেন থাকলে অ্যালফাবেট (Alphabets) ক্রম অনুসরণে হ্যালোজেনের নাম লিখতে হয়। আর সর্বাধিক দীর্ঘ কার্বনশৃংখল অবশ্যই নির্ণয় করতে হবে। CH_3Br ব্রোমো মিথেন, $CH_3{\cdot}CHCl_2$ 1 : 1 ডাই-ক্লোরো ইথেন, $CH_3{\cdot}CHCl{\cdot}CHBr{\cdot}CH_3$-কে 2 ব্রোমো 3 ক্লোরো বিউটেন, $CH_2Cl{\cdot}CHCl{\cdot}CH_2Cl$-কে 1 : 2 : 3 ট্রাই-ক্লোরো প্রোপেন এবং $(CH_3)_2{\cdot}CH{\cdot}CHBr{\cdot}CHCl{\cdot}CH_3$ 3 ব্রোমো 2 ক্লোরো 4 মিথাইল পেন্টেন বলে।

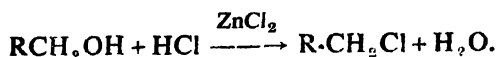
অ্যালকাইল হ্যালাইড $C_nH_{2n+1}{\cdot}X$

অ্যালকাইল হ্যালাইড বা মনো-হ্যালো প্যারাফিনের সাধারণ সংকেত হলো $C_nH_{2n+1}{\cdot}X$, X সেখানে ক্লোরিন, ব্রোমিন বা আয়োডিন। এখানে ফ্লোরাইড যৌগকে অন্তর্ভুক্ত করা হয়নি, কারণ ফ্লোরাইডগুলি এই শ্রেণীর অন্যান্য হ্যালাইডের মত আচরণ করে না।

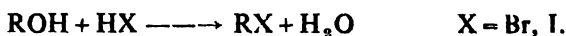
প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ

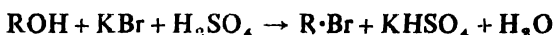
1. **কোহলের থেকে :** কোহলের হাইড্রক্সিল মূলককে হ্যালোজেন (X) দিয়ে প্রতিস্থাপিত করে অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রস্তুত করা যায়। এই বিক্রিয়ায় নানাপ্রকার বিকারক যেমন হ্যালোজিনিক অ্যাসিড, PCl_5 PCl_3, $SOCl_2$ P/X_2 এবং অনুঘটক ব্যবহার করা হয়।

(i) **অ্যালকাইল ক্লোরাইড :** অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে কোহলের মধ্যে শুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস পরিচালিত করলে অ্যালকাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়। এই বিক্রিয়ায় প্রাথমিক দ্বিতীয়ক, তৃতীয়ক কোহল থেকে হ্যালাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$RCH_2OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} R{\cdot}CH_2Cl + H_2O.$$

(ii) **অ্যালকাইল ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড :** কোহলকে হাইড্রোব্রোমিক এবং হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড (অল্প ঘন সালফিউরিক

অ্যাসিডের উপস্থিতিতে) দিয়ে উত্তপ্ত করে যথাক্রমে ব্রোমাইড ও আয়োডাইড প্রস্তুত করা হয়। এক্ষেত্রে অনুঘটকের প্রয়োজন হয় না।

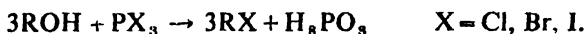
$$ROH + HX \longrightarrow RX + H_2O \qquad X = Br, I.$$

কোহলকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম ব্রোমাইড সহযোগে উত্তপ্ত করে অ্যালকাইল ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$ROH + KBr + H_2SO_4 \rightarrow R{\cdot}Br + KHSO_4 + H_2O$$

প্রাথমিক কোহলের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি বেশ কার্যকর হলেও দ্বিতীয়ক বা তৃতীয়ক কোহলের ক্ষেত্রে তেমন কার্যকর নয়। কারণ দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক কোহল ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে জলের অণু বিযুক্ত করে অলিফিন যৌগ প্রস্তুত করে।

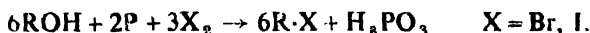
(iii) কোহলের উপর ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ক্লোরাইড, ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

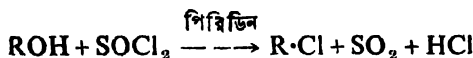
$$R{\cdot}OH + PCl_5 \rightarrow RCl + POCl_3 + HCl$$

কোহলের উপর ফসফরাস ট্রাই-হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড ও ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$3ROH + PX_3 \rightarrow 3RX + H_3PO_3 \qquad X = Cl, Br, I.$$

প্রাথমিক কোহলের ক্ষেত্রে উৎপাদিত হ্যালাইডের পরিমাণ বেশ ভালো, দ্বিতীয়ক কোহলের ক্ষেত্রে উৎপাদিত হ্যালাইডের পরিমাণ কম হয় এবং তৃতীয়ক কোহলের ক্ষেত্রে খুবই কম হয়।

লাল ফসফরাসের উপস্থিতিতে ব্রোমিন বা আয়োডিন কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে ব্রোমাইড ও আয়োডাইড প্রস্তুত করা যায়।

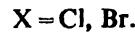
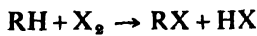
$$6ROH + 2P + 3X_2 \rightarrow 6R{\cdot}X + H_3PO_3 \qquad X = Br, I.$$

(iv) পিরিডিন অনুঘটকের উপস্থিতিতে থায়োনিল ক্লোরাইড কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ক্লোরাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

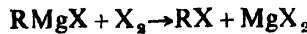
$$ROH + SOCl_2 \xrightarrow{\text{পিরিডিন}} R{\cdot}Cl + SO_2 + HCl$$

2. **অলিফিনের সঙ্গে হ্যালোজিনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া :** অলিফিনের সঙ্গে হ্যালোজিনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$$R{\cdot}CH = CH_2 + HX \rightarrow R{\cdot}CHX{\cdot}CH_3$$

$R-H$ হলে ইথাইল হ্যালাইড এবং $R-CH_3$ হলে আইসোপ্রোপাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হবে।

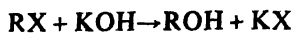
3. **অ্যালকেনের প্রত্যক্ষ হ্যালোজিনেশান দিয়েঃ** ক্লোরিন ও ব্রোমিন সরাসরি অ্যালকেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রস্তুত করে। আয়োডিন প্রত্যক্ষভাবে বিক্রিয়া করে না। বিক্রিয়াটি আলো, অনুঘটক বা উত্তাপ দিয়ে সংঘটিত হয়।

$$RH + X_2 \rightarrow RX + HX \qquad X = Cl, Br.$$

4. **গ্রিগনার্ড বিকারক থেকেঃ** গ্রিগনার্ড বিকারকের সঙ্গে হ্যালোজেনের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড প্রস্তুত করা যায়।

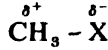
$$RMgX + X_2 \rightarrow RX + MgX_2$$

ধর্ম

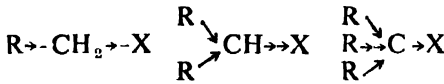
মিথাইল ক্লোরাইড, ব্রোমাইড এবং ইথাইল ক্লোরাইড সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় পদার্থ। মিথাইল আয়োডাইড, ইথাইল ব্রোমাইড ও আয়োডাইড ইত্যাদি সদস্যরা মিষ্টি গন্ধযুক্ত উদ্বায়ী তরল। অ্যালকাইল হ্যালাইডের স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক, ঘনত্ব, আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধিতে বৃদ্ধি পায় এবং সমসংখ্যক কার্বন বিশিষ্ট হ্যালাইডের স্ফুটনাঙ্ক ও ঘনত্ব ক্লোরাইডের চেয়ে ব্রোমাইডের বেশি এবং ব্রোমাইডের চেয়ে আয়োডাইডের বেশি হবে অর্থাৎ $RI > RBr > RCl$। সমাবয়ব হ্যালাইড যৌগের ক্ষেত্রে স্ফুটনাঙ্ক প্রাথমিক > দ্বিতীয়ক > তৃতীয়ক হবে। অ্যালকাইল হ্যালাইডগুলি (ফ্লোরাইড ব্যতীত) একই প্রকার বিক্রিয়া করে এবং হ্যালাইডগুলির সক্রিয়তা $RI > RBr > RCl$ হয়।

1. অ্যালকাইল হ্যালাইড জল দ্বারা ধীরে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে কোহলে পরিণত হয়। ক্ষারের জলীয় ফুটন্ত দ্রবণ বা সিলভার অক্সাইড দিয়ে অ্যালকাইল হ্যালাইডকে দ্রুত আর্দ্র বিশ্লেষিত করা যায়।

$$RX + KOH \rightarrow ROH + KX$$

কার্বনের থেকে হ্যালোজেন অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক (Electro negative) মৌল বলে অ্যালকাইল হ্যালাইডের কার্বন হ্যালোজেন সমযোজকের (Covalent bond) ইলেকট্রনযুগল (Pair) হ্যালোজেনের দিকে সরে যায়। ফলে কার্বনের উপর স্বল্প ধনাত্মক আধান (Positive charge) এবং হ্যালোজেনের উপর স্বল্প ঋণাত্মক

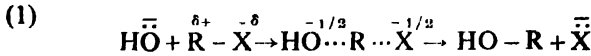
আধান সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ অ্যালকাইল হ্যালাইডগুলি মেরু যৌগ (Polar compound)। যৌগের মেরুতার (Polarity) শক্তি যত বৃদ্ধি পাবে তত যোজকটি

$$\overset{\delta+}{CH_3} - \overset{\delta-}{X}$$

দুর্বল হয়ে পড়বে অর্থাৎ যোজকটিকে ভাঙ্গা তত সহজ হবে। এখন কার্বন পরমাণুর সঙ্গে একাধিক অ্যালকাইল মূলক থাকলে C – X যোজকটি তত দুর্বল হয়ে পড়বে। কারণ অ্যালকাইল মূলকগুলি ইলেকট্রন বিকর্ষণ করে।

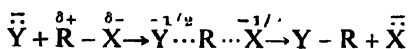
$$R\rightarrow\text{-}CH_2\rightarrow\text{-}X \qquad \begin{matrix} R\searrow \\ \ \ CH\rightarrow\rightarrow X \\ R\nearrow \end{matrix} \qquad \begin{matrix} R\searrow \\ R\rightarrow\rightarrow C\rightarrow X \\ R\nearrow \end{matrix}$$

একটি অ্যালকাইল মূলক থাকলে কার্বন পরমাণুর (R মূলকের সঙ্গে যুক্ত কার্বন) উপর ইলেকট্রনের ঘনত্ব বাড়বে. ফলে C – X যোজকের ইলেকট্রন যুগল তত কার্বনের থেকে দূরে সরে গিয়ে হ্যালোজেনের দিকে যাবে অর্থাৎ C - X যোজকটি দীর্ঘ হয়ে পড়বে এবং যোজকটি ভাঙ্গা তত সোজা হবে। একাধিক অ্যালকাইল মূলক থাকলে অ্যালকাইল হ্যালাইডের মেরুতা তত বাড়বে।

এখন RX-এর আর্দ্র বিশ্লেষণের ক্রিয়াবিধি (Mechanism) দুপ্রকার হতে পারে। যেমন—

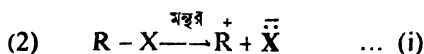
(1)

$$H\ddot{O} + \overset{\delta+}{R} - \overset{-\delta}{X} \rightarrow \overset{-1/2}{HO}\cdots R \cdots \overset{-1/2}{X} \rightarrow HO - R + \ddot{X}$$

ঋণাত্মক OH′ আয়ন (অ্যানায়ন মূলক) হ্যালোজেনের বিপরীত দিক থেকে ধনাত্মক কার্বন পরমাণুর দিকে ক্রমশ অগ্রসর হয় এবং হ্যালোজেন পরমাণু কার্বন হ্যালোজেন সমযোজকের ইলেকট্রন যুগল নিয়ে তত কার্বন পরমাণু থেকে দূরে সরে যায়। ফলে OH মূলকটির সঙ্গে কার্বনের একটি দুর্বল যোজক সৃষ্টি হয়। পক্ষান্তরে কার্বন হ্যালোজেন যোজকটিও শিথিল হয়ে পড়ে। যখন OH ও কার্বন যোজকের শক্তি এবং কার্বন ও হ্যালোজেন যোজকের শক্তি সমান হয় তখন সেই অবস্থায় যৌগটিকে সংক্রমণ জটিল যৌগ (Transition complex) বলে। এই অবস্থায় যদি OH মূলকটি কার্বনের আরো নিকটে অগ্রসর হয় তখন হ্যালোজেন পরমাণুটি ইলেকট্রন যুগল সমেত কার্বন থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ে। ফলে OH ও কার্বনের মধ্যে যোজকটি সম্পূর্ণ হয় এবং কোহল উৎপন্ন করে। সংক্রমণ জটিল যৌগ প্রস্তুতিতে দুইটি উপাদান সরাসরি অংশ গ্রহণ করে এবং ঋণাত্মক OH মূলক নিউক্লিয়াসকে (Nucleus) আক্রমণ করে বলে এই বিক্রিয়াটি নাম S_{N2} অর্থাৎ নিউক্লিয়োফিলিক বাইমলিকুলার সাবস্টিটিউশান

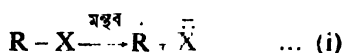
(Nucleophilic Bimolecular Substitution) বিক্রিয়া বলে। এই ধরনের যে কোন বিক্রিয়াকে S_{N_2} বিক্রিয়া বলে। যেমন—

$$\ddot{\bar{Y}} + \overset{\delta+}{R} - \overset{\delta-}{X} \rightarrow \overset{-1/2}{Y} \cdots R \cdots \overset{-1/2}{X} \rightarrow Y - R + \ddot{\bar{X}}$$

সংক্রমণ জটিল যৌগ গঠন বিক্রিয়ার গতির হার (Rate of reaction) মন্থরতম হয়। অতএব এই বিক্রিয়ার ধাপটি গতির হার নির্ণায়ক (Rate determining step) বিক্রিয়া হবে।

$$(2) \qquad R - X \xrightarrow{\text{মন্থর}} \overset{+}{R} + \ddot{\bar{X}} \qquad \ldots (i)$$

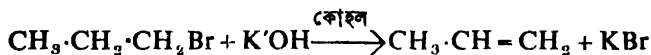
$$\overset{+}{R} + OH' \xrightarrow{\text{দ্রুত}} ROH \qquad \ldots (ii)$$

এখানে প্রথমে অ্যালকাইল হ্যালাইড ভেঙ্গে গিয়ে কার্বোনিয়াম আয়ন (R^+) এবং হ্যালাইড ($\ddot{\bar{X}}$) আয়ন উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় গতিবেগ মন্থরতম। কোন বিক্রিয়ার মন্থরতম গতিবেগ সম্পন্ন বিক্রিয়াটিই গতিবেগ নির্ণয়কারী ধাপ হয় এবং গতিবেগ নির্ণয়কারী ধাপে যতগুলি উপাদান অংশ গ্রহণ করে সেটা হবে তার মলিকুলারিটি বা আণবিকতা (Molecularity)। উৎপন্ন কার্বোনিয়াম আয়ন OH' মূলকের (অ্যানায়ন মূলক) সঙ্গে দ্রুত বিক্রিয়া করে কোহল উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে (i) নং ধাপটি মন্থর এবং এটি গতিবেগ নির্ণয়কারী ধাপ। এই ধাপে কেবল মাত্র একপ্রকার উপাদান অংশ নেয়। অতএব এই বিক্রিয়ার মলিকুলারিটি এক (Unimolecularity)। আর OH মূলক নিউক্লিয়াসে সংযুক্ত হয়। অতএব এই বিক্রিয়াটিকে S_{N_1} বা নিউক্লিয়োফিলিক ইউনিমলিকুলার সাবস্টিটিউশান বিক্রিয়া (Nucleophilic Unimoleculer Reaction) বলে। এই ধরনের যে কোন বিক্রিয়াকে S_{N_1} বিক্রিয়া বলে। যেমন—

$$R - X \xrightarrow{\text{মন্থর}} \overset{+}{R} + \ddot{\bar{X}} \qquad \ldots (i)$$

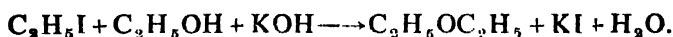
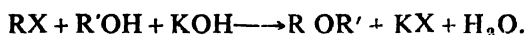
$$\ddot{\bar{Y}} + \overset{+}{R} \xrightarrow{\text{দ্রুত}} RY \qquad \ldots (ii)$$

এখন টারসিয়ারী (তৃতীয়ক) হ্যালাইডের কার্বন হ্যালোজেন যোজকটি ভাঙ্গা সহজ। অর্থাৎ তৃতীয়ক হ্যালাইড সহজে কার্বোনিয়াম আয়ন উৎপন্ন করে। ফলে তৃতীয়ক হ্যালাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ S_{N_1} বিক্রিয়ার দ্বারা সম্পাদিত হয়।

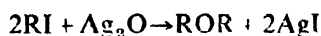
প্রাথমিক হ্যালাইডের কার্বন হ্যালোজেন যোজকটি ভাঙ্গা তত সহজ নয়। অর্থাৎ প্রাথমিক হ্যালাইড কার্বোনিয়াম আয়ন উৎপন্ন করে না। ফলে এই হ্যালাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ S_{N_1} বিক্রিয়ার দ্বারা সম্পন্ন হয় না।

2. (i) কস্টিক পটাশে ঘন কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইড ফোটালে অলিফিন পাওয়া যায়। যেমন n প্রোপাইল ব্রোমাইড থেকে প্রোপিলিন পাওয়া যায়

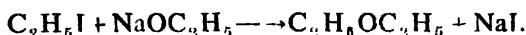
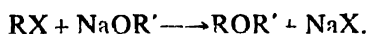
$$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2Br + K'OH \xrightarrow{\text{কোহল}} CH_3{\cdot}CH = CH_2 + KBr$$

(ii) কিন্তু কস্টিক পটাশের লঘু কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডকে ফোটালে ইথার পাওয়া যায়।

$$RX + R'OH + KOH \longrightarrow R\ OR' + KX + H_2O.$$

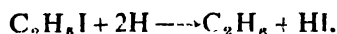
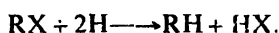
$$C_2H_5I + C_2H_5OH + KOH \longrightarrow C_2H_5OC_2H_5 + KI + H_2O.$$

অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে সিলভার অক্সাইডের বিক্রিয়ায় ইথার উৎপন্ন হয়।

$$2RI + Ag_2O \rightarrow ROR + 2AgI$$

3. অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে সোডিয়াম বা পটাশিয়াম অ্যালকক্সাইডের বিক্রিয়ায় ইথার উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটিকে উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ (Williamson Synthesis) বলে।

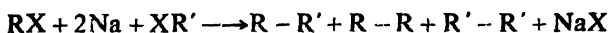
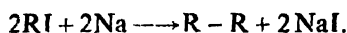
$$RX + NaOR' \longrightarrow ROR' + NaX.$$

$$C_2H_5I + NaOC_2H_5 \longrightarrow C_2H_5OC_2H_5 + NaI.$$

4. Zn/Cu বা Na/কোহল বা Sn/HCl দিয়ে উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন অ্যালকাইল হ্যালাইডকে বিজারিত করে অ্যালকেন উৎপন্ন করে।

$$RX + 2H \longrightarrow RH + HX.$$

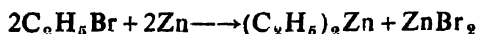
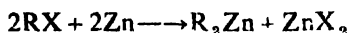
$$C_2H_5I + 2H \longrightarrow C_2H_6 + HI.$$

5. (i) ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড উচ্চতর অ্যালকেন (Paraffin) উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটিকে ভার্জ বিক্রিয়া বলে।

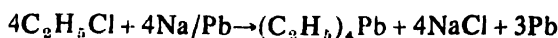
$$2RI + 2Na \longrightarrow R - R + 2NaI.$$

$$RX + 2Na + XR' \longrightarrow R - R' + R - R + R' - R' + NaX$$

দু প্রকার হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় তিনপ্রকার অ্যালকেন পাওয়া যায়।

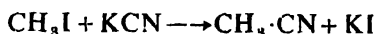
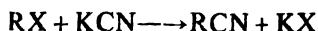
(ii) ধাতব দস্তঃরজের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল হ্যালাইড ডাই-অ্যালকাইল জিংক (জৈব ধাতব যৌগ) উৎপন্ন করে।

$$2RX + 2Zn \longrightarrow R_2Zn + ZnX_2$$

$$2C_2H_5Br + 2Zn \longrightarrow \underset{\text{ডাই-ইথাইল জিংক}}{(C_2H_5)_2Zn} + ZnBr_2$$

(iii) ইথাইল ক্লোরাইডকে সোডিয়াম সীসে (Na/Pb) সংকর ধাতুর সঙ্গে উত্তপ্ত করে টেট্রাইথাইল লেড পাওয়া যায়।

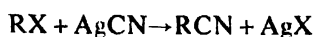
$$4C_2H_5Cl + 4Na/Pb \rightarrow (C_2H_5)_4Pb + 4NaCl + 3Pb$$

6. পটাশিয়াম সায়ানাইডের জলীয় কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইড উত্তপ্ত করলে অ্যালকাইল সায়ানাইড (RCN) পাওয়া যায়।

$$RX + KCN \longrightarrow RCN + KX$$

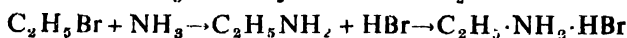
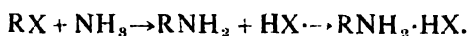
$$CH_3I + KCN \longrightarrow CH_3 \cdot CN + KI$$

মিথাইল সায়ানাইড

কিন্তু সিলভার সায়ানাইডের জলীয় কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডকে উত্তপ্ত করলে অ্যালকাইল সায়ানাইড ও আইসো সায়ানাইড (RNC) উভয় যৌগই উৎপন্ন হয়।

$$RX + AgCN \rightarrow RCN + AgX$$

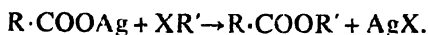
$$RX + AgCN \rightarrow R \cdot NC + AgX.$$

7. অ্যামোনিয়ার কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডকে অধিক চাপে উত্তপ্ত করলে অ্যামিন মিশ্রণ উৎপন্ন করে।

$$RX + NH_3 \rightarrow RNH_2 + HX \rightarrow RNH_2 \cdot HX.$$

$$C_2H_5Br + NH_3 \rightarrow C_2H_5NH_2 + HBr \rightarrow C_2H_5 \cdot NH_2 \cdot HBr$$

ইথাইল অ্যামিন হাইড্রোব্রোমাইড

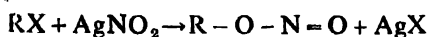
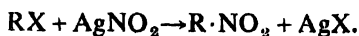
তৃতীয়ক হ্যালাইড এই বিক্রিয়ায় অলিফিন উৎপন্ন করে।

8. অ্যালকাইল হ্যালাইড কার্বক্সিল অ্যাসিডের সিলভার লবণের ইথানল দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন করে।

$$R \cdot COOAg + XR' \rightarrow R \cdot COOR' + AgX.$$

কিন্তু সিলভার নাইট্রাইটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রাইট ও নাইট্রো উভয় যৌগই উৎপন্ন করে।

$$RX + AgNO_2 \rightarrow R-O-N=O + AgX$$

অ্যালকাইল নাইট্রাইট

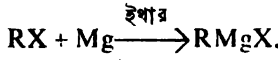
$$RX + AgNO_2 \rightarrow R \cdot NO_2 + AgX.$$

নাইট্রো অ্যালকেন

9. সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইডের ইথানল দ্রবণের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইড উত্তপ্ত করলে থায়ো-অ্যালকোহল বা থায়োকোহল (RSH) উৎপন্ন হয়।

$$RX + NaHS \rightarrow RSH + NaX.$$

10. শুষ্ক ও বিশুদ্ধ ইথারের উপস্থিতিতে অ্যালকাইল হ্যালাইড ম্যাগনেশিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় গ্রিগনার্ড বিকারক অ্যালকাইল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইড (RMgX) উৎপন্ন করে।

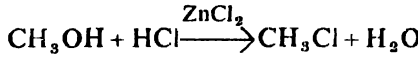
$$RX + Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} RMgX.$$

$$CH_3I + Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} CH_3\cdot MgI$$ মিথাইল ম্যাগনেশিয়াম আয়োডাইড।

11. 300°C-এর উপরে অ্যালকাইল হ্যালাইডকে উত্তপ্ত করলে এক অণু হ্যালোজিনিক অ্যাসিড বিযুক্ত দ্বারা অলিফিন উৎপন্ন হয়। তৃতীয়ক হ্যালাইড খুব সহজেই হ্যালোজিনিক অ্যাসিড বিযুক্ত করে অলিফিন উৎপন্ন করে।

$$CH_3\cdot CHI\cdot CH_3 \rightarrow CH_3\cdot CH = CH_2 + HI$$

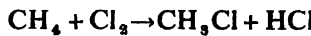
মিথাইল ক্লোরাইড (Methyl Chloride) CH_3Cl

প্রস্তুতি : 1. অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস মিথানলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রচুর পরিমাণে মিথাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} CH_3Cl + H_2O$$

2. ট্রাইমিথাইল অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড $[(CH_3)_3N\cdot HCl]$-কে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে মিথাইল ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

$$(CH_3)_3N\cdot HCl + 3HCl \rightarrow 3CH_3Cl + NH_4Cl$$

3. নাইট্রোজেন গ্যাস দ্বারা তরলীকৃত ক্লোরিনের সঙ্গে মিথেনের বিক্রিয়ায় মিথাইল ক্লোরাইড (CH_3Cl) উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় অন্যান্য ক্লোরোমিথেন যৌগগুলিও উৎপন্ন হয়।

$$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$$

মিথাইল ক্লোরাইড মিষ্টি গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। স্ফুটনাঙ্ক −24°C। জলে মোটামুটি দ্রাব্য, কিন্তু কোহলে বেশি দ্রাব্য।

হিমায়নকারী পদার্থ (Refrigerant) হিসেবে, স্থানীয় (Local) অনুভূতি-নাশক পদার্থ হিসেবে এবং দ্রাবকরূপে মিথাইল ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়। এছাড়া রঞ্জন পদার্থ প্রস্তুতিতে ও অগ্নিনির্বাপক হিসেবেও ব্যবহৃত হয়। মেথিলিকরণেও মিথাইল ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

মিথাইল আয়োডাইড (Methyl iodide) CH_3I

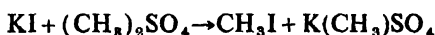
প্রস্তুতি : 1 লাল ফসফরাসের উপস্থিতিতে আয়োডিন মিথানলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথাইল আয়োডাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$6CH_3OH + 2P + 3I_2 \rightarrow 6CH_3I + 2H_3PO_3$$

লিবিগ শীতকযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে কোহল ও লাল ফসফরাস নেওয়া হয়। ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা জলের পাত্রের মধ্যে বসানো থাকে এবং শীতক দিয়ে ঠাণ্ডা জল প্রবাহিত করা হয়। এখন অল্প অল্প করে আয়োডিন ফ্লাস্কে যোগ করে ঝাঁকানো হয়। আয়োডিন যোগ শেষ হলে মিশ্রণটিকে রাতভোর রেখে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করা হয় এবং পরে পাতন করে মিথাইল আয়োডাইডকে পৃথক করে নেওয়া হয়। এই মিথাইল আয়োডাইড অবিশুদ্ধ। একে লঘু সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ ও পরে জল দিয়ে ধুয়ে অপদ্রব্যগুলি অপসারিত করে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দিয়ে বোতলে ছিপিবদ্ধ করে রাখা হয়। পরে পাতন করে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক মিথাইল আয়োডাইড পাওয়া যায়।

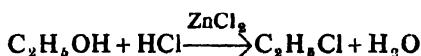
এইভাবে ইথাইল আয়োডাইড ও ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়।

2. ক্যালসিয়াম কার্বোনেটের উপস্থিতিতে পটাশিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে মিথাইল সালফেটের বিক্রিয়ায় মিথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

$$KI + (CH_3)_2SO_4 \rightarrow CH_3I + K(CH_3)SO_4$$

মিথাইল আয়োডাইড মিষ্টি গন্ধযুক্ত, ভারী (আঃ গুঃ 2·27) তরল। স্ফুটনাঙ্ক 45°C। জলে অদ্রাব্য। সদ্য প্রস্তুত মিথাইল আয়োডাইড বর্ণহীন তরল, কিন্তু রেখে দিলে বেগুনী বর্ণ হয়। মেথিলিকরণে (Methylation) মিথাইল আয়োডাইড খুবই উপযোগী পদার্থ।

ইথাইল ক্লোরাইড (Ethyl chloride) C_2H_5Cl

প্রস্তুতি : 1. অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস ইথানলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

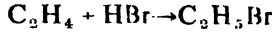
$$C_2H_5OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} C_2H_5Cl + H_2O$$

2. অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ইথিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$CH_2 = CH_2 + HCl \rightarrow CH_3 \cdot CH_2Cl$$

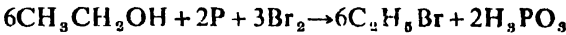
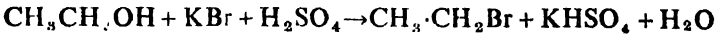
ইথাইল ক্লোরাইড গ্যাসীয় পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক 12·5°C। হিমায়নকারী পদার্থ হিসেবে এবং টেট্রাইথাইল যৌগ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

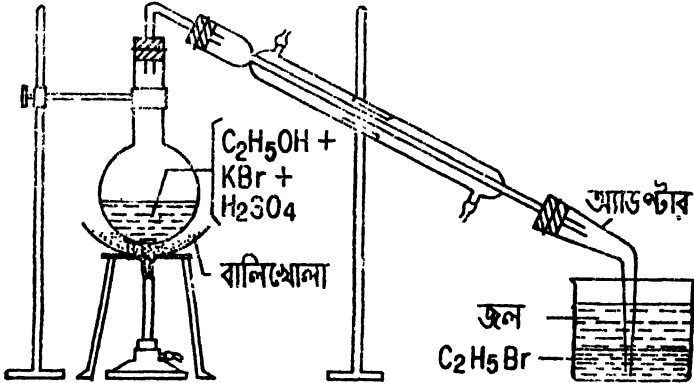
ইথাইল ব্রোমাইড (Ethyl bromide) C_2H_5Br

প্রস্তুতি : (1) ইথিলিনের সঙ্গে হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের বিক্রিয়ায় ইথাইল ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$C_2H_4 + HBr \rightarrow C_2H_5Br$$

2. ইথানলের উপর পটাশিয়াম ব্রোমাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বা লাল ফসফরাস ও ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় ইথাইল ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3CH_2OH + KBr + H_2SO_4 \rightarrow CH_3{\cdot}CH_2Br + KHSO_4 + H_2O$$

$$6CH_3CH_2OH + 2P + 3Br_2 \rightarrow 6C_2H_5Br + 2H_3PO_3$$

একটি গোলতল ফ্লাস্কে ইথানল ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ নেওয়া হয়। ফ্লাস্কটির সঙ্গে কর্কের সাহায্যে একটি নির্গম নল ও নির্গম নলের সঙ্গে শীতক এবং শীতকের শেষ প্রান্তে একটি অ্যাডপ্টার (Adopter) এবং অ্যাডপ্টারের শেষ প্রান্তটি জলপূর্ণ গ্রাহক পাত্রে প্রবেশ করান থাকে।

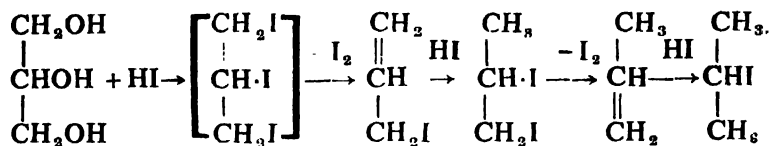
চিত্র 37

ফ্লাস্কটিতে অল্প অল্প পটাশিয়াম ব্রোমাইড যোগ করে ঝাঁকানো হয়। পটাশিয়াম ব্রোমাইড যোগ শেষ হলে ফ্লাস্কটিকে বালিখোলায় আস্তে আস্তে উত্তপ্ত করলে ইথাইল ব্রোমাইড পাতিত করে গ্রাহক পাত্রে জলের তলায় সংগ্রহ করা হয়। এভাবে উৎপন্ন ইথাইল ব্রোমাইড বিশুদ্ধ নয়। এতে কোহল ও হাইড্রোজেন ব্রোমাইড অপদ্রব্য হিসেবে বর্তমান থাকে। এই ইথাইল ব্রোমাইডকে লঘু সোডিয়াম কার্বনেট ও পরে জল দিয়ে ধুয়ে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দিয়ে ঝাঁকিয়ে জল অপসারিত করা হয় এবং পরে পুনঃ পাতনের দ্বারা বিশুদ্ধ ইথাইল ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়।

ইথাইল ব্রোমাইড মিষ্টি গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 31·4°C। ইথেলিকরণে (Ethylation—ইথাইলেশানে) ইথাইল ব্রোমাইড ব্যবহৃত হয়।

আইসোপ্রোপাইল আয়োডাইড (Isopropyl iodide)

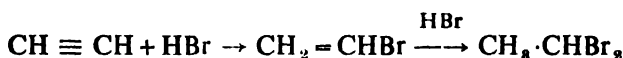
$$CH_3 \cdot CHI \cdot CH_3$$

গ্লিসারলের সঙ্গে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড বা আয়োডিন লাল ফসফরাসের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আইসোপ্রোপাইল আয়োডাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + HI \rightarrow \left[\begin{matrix} CH_2I \\ | \\ CH \cdot I \\ | \\ CH_2I \end{matrix}\right] \xrightarrow{-I_2} \begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH \\ | \\ CH_2I \end{matrix} \xrightarrow{HI} \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH \cdot I \\ | \\ CH_2I \end{matrix} \xrightarrow{-I_2} \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH \\ \| \\ CH_2 \end{matrix} \xrightarrow{HI} \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CHI \\ | \\ CH_3 \end{matrix}$$

আইসোপ্রোপাইল আয়োডাইড বর্ণহীন তরল। জলের চেয়ে ভারী (আঃ গুঃ 1·703)। জৈব যৌগে আইসোপ্রোপাইল মূলক যুক্তকরণে আইসোপ্রোপাইল আয়োডাইড ব্যবহৃত হয়।

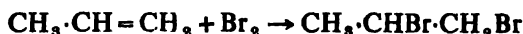
ডাই-হ্যালো অ্যালকেন (Di-halo alkane)

প্রস্তুতি ঃ 1. অ্যালকাইন যৌগে হ্যালোজিনিক অ্যাসিড সংযোগের দ্বারা জেম ডাই-হ্যালো অ্যালকেন প্রস্তুত করা হয়।

$$CH \equiv CH + HBr \rightarrow CH_2 = CHBr \xrightarrow{HBr} CH_3 \cdot CHBr_2$$

2. কার্বনিল যৌগের সঙ্গে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ার ফলে জেম ডাই-ক্লোরো অ্যালকেন প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 + PCl_5 \rightarrow CH_3 \cdot CCl_2 \cdot CH_3$$

3. অলিফিন যৌগের সঙ্গে হ্যালোজেনের বিক্রিয়ায় 'ভিক' (vic) ডাই-হ্যালো অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_3 \cdot CH = CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_3 \cdot CHBr \cdot CH_2Br$$

4. ডাই-হাইড্রক্সি যৌগের সঙ্গে ফসফরাস হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় ডাই-হ্যালো অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়।

$$HO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH + PBr_3 \rightarrow Br \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2Br$$

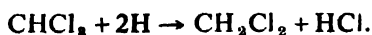
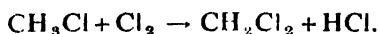
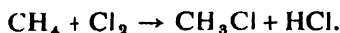
মেথিলিন ক্লোরাইড CH_2Cl_2 (স্ফুটনাঙ্ক 40°C) **ঃ** জিংক ও

অ্যাসিডের দ্বারা উৎপন্ন হাইড্রোজেন দিয়ে ক্লোরোফর্মকে বিজারিত করে বাণিজ্যিক-ভাবে মেথিলিন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

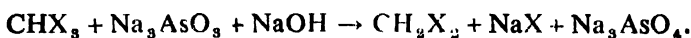
$$CHCl_3 + 2H \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl.$$

মিথেনকে ক্লোরিনেশান করেও মেথিলিন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl.$$

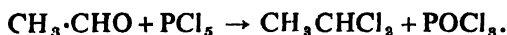
$$CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl.$$

মেথিলিন ক্লোরাইড দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

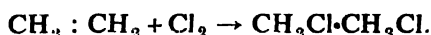
মেথিলিন ব্রোমাইড CH_2Br_2 (স্ফুটনাঙ্ক 97°C) : ক্ষারীয় মাধ্যমে ব্রোমোফর্মকে সোডিয়াম আর্সেনাইট দ্রবণ দিয়ে বিজারিত করে মেথিলিন ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়। আয়োডোফর্ম থেকে অনুরূপ বিক্রিয়ায় CH_2I_2 প্রস্তুত করা যায়। মেথিলিন আয়োডাইডের স্ফুটনাঙ্ক (181°C)।

$$\underset{\text{হ্যালোফর্ম}}{CHX_3} + Na_3AsO_3 + NaOH \rightarrow CH_2X_2 + NaX + Na_3AsO_4.$$

X = Br, I.

মেথিলিন ব্রোমাইড ও আয়োডাইড জৈব সংশ্লেষণে প্রয়োজন হয়।

ইথিলিডিন ক্লোরাইড $CH_3 \cdot CHCl_2$ (স্ফুটনাঙ্ক 57°C) : অ্যাসিটাল-ডিহাইডের সঙ্গে ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3 \cdot CHO + PCl_5 \rightarrow CH_3CHCl_2 + POCl_3.$$

ইথিলিন ক্লোরাইড $CH_2Cl \cdot CH_2Cl$ (স্ফুটনাঙ্ক 84°C) : ইথিলিনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_2 : CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl \cdot CH_2Cl.$$

নিম্নতর ডাই-হ্যালো যৌগগুলি বর্ণহীন তরল, জলের থেকে ভারী বেশি। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ডাই-হ্যালো যৌগগুলি অ্যালকাইল হ্যালাইডের (মনো-হ্যালো) ন্যায় আচরণ করে। যেমন

1. $Cl \cdot CH_2CH_2Cl + KOH$ (জলীয়) $\rightarrow \underset{\text{ইথিলিন গ্লাইকল}}{HO \cdot CH_2 \cdot CH_2OH} + KCl.$

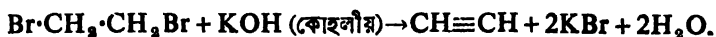
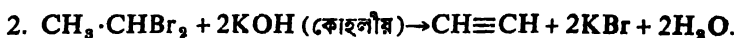
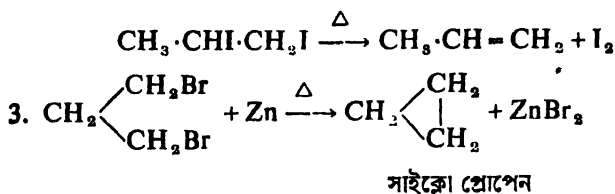
   $CH_3 \cdot CHCl_2 + KOH \rightarrow CH_3 \cdot CH(OH)_2 \rightarrow CH_3 \cdot CHO + H_2O.$

2. $CH_3 \cdot CHBr_2 + 2KOH$ (কোহলীয়) $\rightarrow CH \equiv CH + 2KBr + 2H_2O.$

   $Br \cdot CH_2 \cdot CH_2Br + KOH$ (কোহলীয়) $\rightarrow CH \equiv CH + 2KBr + 2H_2O.$

$$CH_3\cdot CHI\cdot CH_2I \xrightarrow{\Delta} CH_3\cdot CH=CH_2+I_2$$

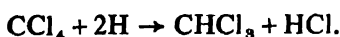
3. $$CH_2\left\langle\begin{matrix}CH_2Br\\ CH_2Br\end{matrix}\right. + Zn \xrightarrow{\Delta} CH_2\left\langle\begin{matrix}CH_2\\ |\\ CH_2\end{matrix}\right. + ZnBr_2$$

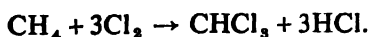
সাইক্লো প্রোপেন

ট্রাই-হ্যালো যৌগসমূহ

মিথেনের ট্রাই-হ্যালো যৌগগুলি সবচেয়ে বেশি পরিচিত এবং এগুলি প্রয়োজনীয় যৌগ। মিথেনের প্রতিস্থাপিত ট্রাই-হ্যালো যৌগদের CHX_3 হ্যালোফর্ম ($X=Cl, Br, I$) বলে।

ক্লোরোফর্ম বা ট্রাই-ক্লোরো মিথেন $CHCl_3$ (স্ফুঃ 61°)

প্রস্তুতিঃ 1. লোহা চূর্ণ ও জল দিয়ে কার্বন টেট্রাক্লোরাইডকে বিজারিত করে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়।

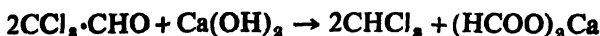
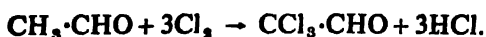
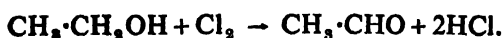
$$CCl_4+2H \rightarrow CHCl_3+HCl.$$

2. মিথেনকে ক্লোরিনেশান করে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_4+3Cl_2 \rightarrow CHCl_3+3HCl.$$

3. ইথাইল কোহল বা অ্যাসিটোন এবং ব্লিচিং পাউডারের জলীয় দ্রবণের মিশ্রণকে পাতিত করে রসায়নাগারে এবং বাণিজ্যিকভাবে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়।

ব্লিচিং পাউডার থেকে উৎপন্ন ক্লোরিন প্রথমে ইথানলকে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। পরে অতিরিক্ত ক্লোরিন অ্যাসিট্যালডি-হাইডকে ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত করে। ব্লিচিং পাউডার থেকে প্রাপ্ত ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড এই ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম ফরমেট ও ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন করে।

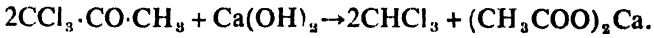
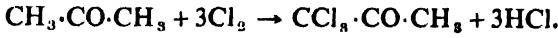
$$CH_3\cdot CH_2OH+Cl_2 \rightarrow CH_3\cdot CHO+2HCl.$$

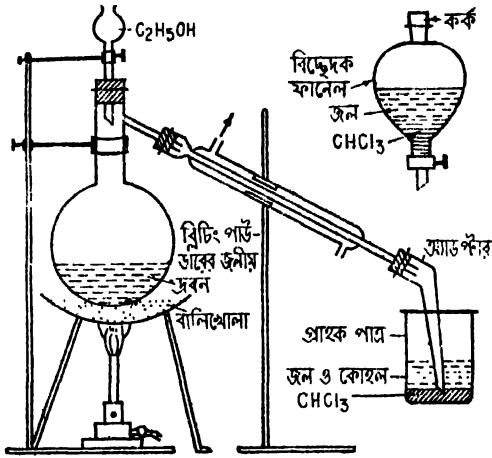
$$CH_3\cdot CHO+3Cl_2 \rightarrow CCl_3\cdot CHO+3HCl.$$

$$2CCl_3\cdot CHO+Ca(OH)_2 \rightarrow 2CHCl_3+(HCOO)_2Ca$$

অ্যাসিটোনের সঙ্গে ব্লিচিং পাউডারের বিক্রিয়ায় প্রথমে ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটোন

ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। পরে ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটোন ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্লোরোফর্ম ও ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়।

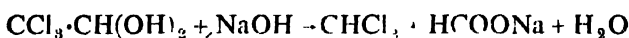
$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + 3Cl_2 \rightarrow CCl_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + 3HCl.$$

$$2CCl_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CHCl_3 + (CH_3COO)_2Ca.$$

পার্শ্বনলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে ব্লিচিং পাউডারের ঘন জলীয় দ্রবণ নেওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে কর্কের সাহায্যে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও পার্শ্বনলের সঙ্গে লিবিগ

চিত্র 38

শীতক এবং শীতকে শেষ অ্যাডপ্টার যুক্ত থাকে। অ্যাডপ্টারের তলায় গ্রাহক পাত্র থাকে। শীতকের মধ্য দিয়ে ঠাণ্ডা জল প্রবাহিত করা হয় এবং বিন্দুপাতী ফানেল দিয়ে ইথানল বা অ্যাসিটোন অল্প অল্প করে যোগ করা হয়। মিশ্রণটিকে বালিখোলায় উত্তপ্ত করা হয় যতক্ষণ না পর্যন্ত বিক্রিয়াটি আরম্ভ হয়। অত্যধিক ফেনা হলে ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করা প্রয়োজন। বিক্রিয়াটি শেষ হয়ে এলে মিশ্রণটিকে অল্প উত্তপ্ত করলে ক্লোরোফর্ম পাতিত হয়ে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হবে। তেলের মত পদার্থ আসা বন্ধ না হওয়া পর্যন্ত পাতন চালান হয়। পাতন কালে ক্লোরোফর্মের সঙ্গে অবিকৃত কোহল (বা অ্যাসিটোন) জল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ইত্যাদি গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। ক্লোরোফর্ম জল অপেক্ষা ভারী ও জলে অদ্রাব্য বলে গ্রাহক পাত্রে তলায় সঞ্চিত হয়। এখন এই অবিশুদ্ধ ক্লোরোফর্মকে বিচ্ছেদক ফানেলে (Separatory funnel) নিয়ে প্রথমে লঘু সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ এবং পরে

জল দিয়ে ধুয়ে আলাদা করা হয়। এই ক্লোরোফর্মে গলিত (Fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করে জল অপসারিত হলে পরে পুনঃপাতিত (Redistillation) করে বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়।

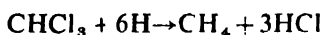
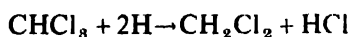
বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতি : ক্লোরালহাইড্রেটকে কস্টিক সোডা দিয়ে পাতিত করে বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়, যা চেতনানাশক (Anaesthetic) হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

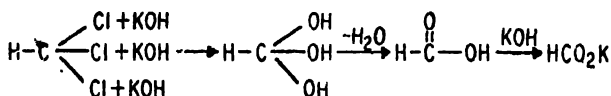
$$CCl_3{\cdot}CH(OH)_2 + NaOH \rightarrow CHCl_3 + HCOONa + H_2O$$

ধর্ম

ভৌত ধর্ম : ক্লোরোফর্ম বর্ণহীন মিষ্টিগন্ধযুক্ত উদ্বায়ী (Volatile) তরল। জল অপেক্ষা ভারী এবং জলে অল্প দ্রাব্য, কিন্তু কোহল ইথারে সহজেই দ্রবীভূত হয়। ক্লোরোফর্ম জ্বলনশীল বস্তু নয় কিন্তু ক্লোরোফর্মের বাষ্প বাতাসে সবুজ শিখায় জ্বলে। নিঃশ্বাসের সঙ্গে গ্রহণে চেতনা লোপ পায়।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) দস্তঃরজ ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ইথানল দ্রবণের সঙ্গে ক্লোরোফর্মের বিক্রিয়ায় মেথিলিন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়, কিন্তু দস্তঃরজ ও জলের বিক্রিয়ায় মিথেনে পরিণত হয়।

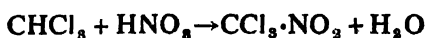
$$CHCl_3 + 2H \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl$$

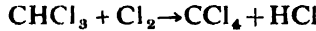
$$CHCl_3 + 6H \rightarrow CH_4 + 3HCl$$

2. কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে ক্লোরোফর্মকে উত্তপ্ত করলে ক্লোরোফর্ম আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ক্ষণস্থায়ী অর্থোফরমিক অ্যাসিড [$HC(OH)_3$] উৎপন্ন করে, পরে যার থেকে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

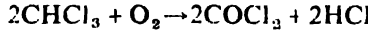
$$H{-}C\begin{cases}Cl + KOH\\ Cl + KOH\\ Cl + KOH\end{cases} \longrightarrow H{-}C\begin{cases}OH\\ OH\\ OH\end{cases} \xrightarrow{-H_2O} H{-}\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}{-}OH \xrightarrow{KOH} HCO_2K$$

3. রুপো চূর্ণের সঙ্গে ক্লোরোফর্মকে উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায়।

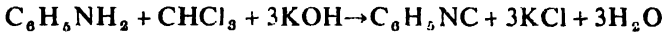
$$HCCl_3 + 6Ag + Cl_3CH \rightarrow HC{\equiv}CH + 6AgCl$$

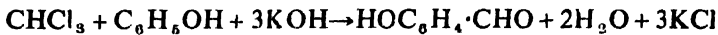
4. ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ক্লোরোফর্মের বিক্রিয়ায় ক্লোরোপিক্রিন (CCl_3NO_2) পাওয়া যায়।

$$CHCl_3 + HNO_3 \rightarrow CCl_3{\cdot}NO_2 + H_2O$$

5. ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্লোরোফর্ম কার্বন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

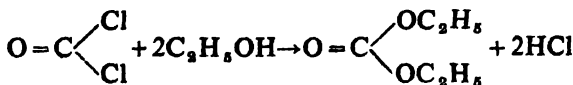
$$CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl$$

6. আলোর উপস্থিতিতে ক্লোরোফর্ম বাতাস বা অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফসজেন ($COCl_2$) ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$2CHCl_3 + O_2 \rightarrow 2COCl_2 + 2HCl$$

7. অ্যানিলিন ও কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে ক্লোরোফর্মকে উত্তপ্ত করলে অত্যন্ত খারাপ গন্ধযুক্ত ফিনাইল আইসোসায়ানাইড (C_6H_5NC) উৎপন্ন হয়, যাকে গন্ধের দ্বারা সনাক্ত করা যায়। এই বিক্রিয়াটিকে কার্বিলঅ্যামিন পরীক্ষা (Carbylamine test) বা আইসোসায়ানাইড পরীক্ষা (Isocyanide test) বলে। এই পরীক্ষার দ্বারা ক্লোরোফর্মকে সনাক্ত করা হয়।

$$C_6H_5NH_2 + CHCl_3 + 3KOH \rightarrow C_6H_5NC + 3KCl + 3H_2O$$

8. ফিনল ও ঘন কস্টিক পটাশের বা সোডার জলীয় দ্রবণের সঙ্গে ক্লোরোফর্মকে উত্তপ্ত করলে স্যালিস্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

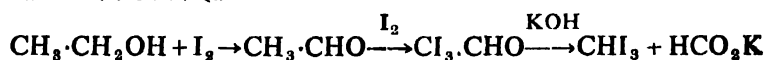
$$CHCl_3 + C_6H_5OH + 3KOH \rightarrow HOC_6H_4{\cdot}CHO + 2H_2O + 3KCl$$

ব্যবহার ঃ চর্বি, তেল এবং জৈব যৌগের দ্রাবক হিসেবে ক্লোরোফর্ম প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। চেতনানাশক হিসেবে, প্রাথমিক অ্যামিনগুলিকে সনাক্তকরণে, জৈব যৌগের পচনরোধের জন্য এবং ফাংগাসের বংশবৃদ্ধি রোধের জন্য ক্লোরোফর্ম ব্যবহৃত হয়। জৈবযৌগের সংশ্লেষণেও ব্যবহৃত হয়ে থাকে। হিমায়ক ফ্রিয়ন CF_2Cl_2 প্রস্তুতিতেও ব্যবহৃত হয়।

চেতনানাশক ক্লোরোফর্মের সংরক্ষণ ঃ আলোর উপস্থিতিতে ক্লোরোফর্ম অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মারাত্মক বিষাক্ত পদার্থ ফসজেন উৎপন্ন করে। সুতরাং চেতনানাশক ক্লোরোফর্মকে বিশেষ উপায়ে সংরক্ষণ করা হয়, যাতে ফসজেন উৎপন্ন না হয়। এর জন্য ক্লোরোফর্মকে আম্বার (Amber) রংয়ের বোতলে সম্পূর্ণ ভর্তি করে রাখা হয়, যাতে বোতলে বাতাস না থাকে। পরে বোতলের মুখটি ভালো করে ছিপিবন্ধ করে বোতলটি কালো কাগজ মুড়ে রাখা হয়। চেতনানাশক ক্লোরোফর্মের সঙ্গে অনেক সময় সামান্য ইথানল যোগ করে রাখা হয়। কারণ ইথানল ফসজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অক্ষতিকারক ডাই-ইথাইল কার্বনেট উৎপন্ন করে।

$$O{=}C\begin{matrix}\diagup Cl\\ \diagdown Cl\end{matrix} + 2C_2H_5OH \rightarrow O{=}C\begin{matrix}\diagup OC_2H_5\\ \diagdown OC_2H_5\end{matrix} + 2HCl$$

ব্রোমোফর্ম $CHBr_3$ (স্ফুঃ 149·5°C) **ঃ** ক্লোরোফর্মের মত এবং অনুরূপভাবে ব্রোমোফর্ম প্রস্তুত করা হয়। এছাড়া সোডিয়াম কার্বনেট ও পটাসিয়াম ব্রোমাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটোন বা ইথানলের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করে প্রচুর পরিমাণে ব্রোমোফর্ম প্রস্তুত করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় অ্যানোডে যে ব্রোমিন মুক্ত হয় তা অ্যাসিটোন বা ইথানলকে ব্রোমোফর্মে পরিণত করে এবং ক্যাথোডে যে কস্টিক সোডা উৎপন্ন হয় তাকে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড দিয়ে প্রশমিত (Neutralise) করা হয়। বিক্রিয়াটি 20°C-এ করা হয়।

ব্রোমোফর্ম জলে অদ্রাব্য এবং জলের চেয়ে ভারী তরল। ব্রোমোফর্মের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি ক্লোরোফর্মের অনুরূপ।

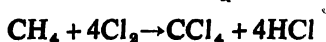
আয়োডোফর্ম (Iodoform) (গঃ 119°C) ঃ 1. ইথানল বা অ্যাসিটোনের উপর আয়োডিন ও ক্ষারের (Alkali) বিক্রিয়ায় (ক্লোরোফর্মের ন্যায়) আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়।

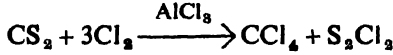
$$CH_3{\cdot}CH_2OH + I_2 \rightarrow CH_3{\cdot}CHO \xrightarrow{I_2} CI_3.CHO \xrightarrow{KOH} CHI_3 + HCO_2K$$

2. সোডিয়াম কার্বনেট ও পটাশিয়াম আয়োডাইডের উপস্থিতিতে ইথানল বা অ্যাসিটোনের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে হলুদ বর্ণের আয়োডোফর্ম পাওয়া যায়। বিক্রিয়াটি 60-70°C-এ করা হয় এবং বিক্রিয়াটি চলাকালে দ্রবণের মধ্যে অবিরাম কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করে উৎপন্ন কস্টিক সোডাকে প্রশমিত করা হয়।

আয়োডোফর্ম বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত হলুদবর্ণের কেলাসাকার পদার্থ। জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু কোহলে এবং ইথারে দ্রাব্য। আয়োডোফর্ম রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ক্লোরোফর্মের অনুরূপ। পচনবারক (Antiseptic) এবং জীবাণুনাশক (Germicidal) পদার্থ হিসেবে ব্যবহার করা হত। বর্তমান কালে সামান্যই ব্যবহৃত হয়।

কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড বা টেট্রা-ক্লোরোমিথেন CCl_4 **(স্ফুঃ 77°C) ঃ** টেট্রা-হ্যালো মিথেনের মধ্যে কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড সবচেয়ে পরিচিত এবং প্রয়োজনীয় পদার্থ।

প্রস্তুতি ঃ 1. প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে প্রাপ্ত মিথেনকে 300°C-এ ক্লোরিনেশন করে প্রচুর পরিমাণে কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_4 + 4Cl_2 \rightarrow CCl_4 + 4HCl$$

2. প্রভাবক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে কার্বন ডাই-সালফাইডের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$CS_2 + 3Cl_2 \xrightarrow{AlCl_3} CCl_4 + S_2Cl_2$$

পাতনে সালফার মনোক্লোরাইডকে অপসারিত করে কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইডকে কস্টিক সোডার দ্রবণে ধুয়ে নিয়ে পাতিত করলে বিশুদ্ধ কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

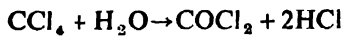
(3) ক্লোরোফর্মকে ক্লোরিনেশান করেও কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়।

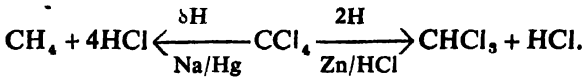
কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল, জলে অদ্রাব্য এবং জলের চেয়ে ভারী। কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড বা এর বাষ্প অজ্বলনশীল পদার্থ। কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড চর্বি, তেল ও আয়োডিনের অত্যন্ত ভালো দ্রাবক এবং শিল্পে দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। গরম পোশাক পরিষ্কার করার কাজে এবং অগ্নি নির্বাপক (Fire extinguisher) হিসেবেও ব্যবহৃত হয়।

বিক্রিয়া ঃ (i) কস্টিক পটাশের কোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইডকে ফোটালে কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড বিয়োজিত হয়। কিন্তু জল বা অ্যাসিডের সঙ্গে ফোটালে অবিকৃত থাকে।

$$CCl_4 + 6KOH \rightarrow K_2CO_3 + 4KCl + 3H_2O.$$

(2) অধিক তাপে কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড বাষ্প জলের বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফসজেন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$CCl_4 + H_2O \rightarrow COCl_2 + 2HCl$$

(3) জিংক ও অ্যাসিড দ্বারা উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইডকে ক্লোরোফর্মে পরিণত করে, কিন্তু জলের উপস্থিতি সোডিয়াম পারদ সংকর কার্বন টেট্রাক্লোরাইডকে মিথেনে পরিণত করে।

$$CH_4 + 4HCl \xleftarrow[Na/Hg]{৮H} CCl_4 \xrightarrow[Zn/HCl]{2H} CHCl_3 + HCl.$$

প্রশ্নাবলী

1. অ্যালকাইল হ্যালাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ ক্রিয়াবিধি দিয়ে আলোচনা কর।
2. রসায়নাগারে ইথাইল ব্রোমাইডের প্রস্তুতি কিভাবে করা হয়? চিত্রসহ আলোচনা কর। ইথাইল ব্রোমাইড থেকে কিভাবে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি

প্রস্তুত করা হয়—(i) n বিউটেন (ii) ইথাইল মিথাইল ইথার (iii) প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড (iv) ইথাইল অ্যাসিটেট।

3. ইথাইল আয়োডাইডের সঙ্গে নিম্নলিখিত পদার্থের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থের নাম লেখ (সমীকরণ সহ ব্যাখ্যা কর)—(i) Na/ইথার (ii) AgCN (iii) Mg/ইথার (iv) হাইড্রোজেন (v) সোডিয়াম ইথক্সাইড (vi) Ag_2O (vii) Zn/ইথার (viii) KCN (ix) $AgNO_2$.

4. ডাই-হ্যালো অ্যালকেন কত প্রকার হতে পারে? উদাহরণ দাও।

5. হ্যালোফর্ম কাদের বলে? হ্যালোফর্ম বিক্রিয়াটি কি?

6. রসায়নাগারে ক্লোরোফর্ম কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? ক্লোরোফর্মকে কিভাবে সনাক্ত করা হয়? কি কাজে ক্লোরোফর্ম ব্যবহার করা হয়? চেতনানাশক ক্লোরোফর্ম কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? এই ক্লোরোফর্ম কিভাবে সংরক্ষণ করা হয়? চেতনানাশক ক্লোরোফর্মের বিশুদ্ধতার পরীক্ষা কি?

7. সংশ্লেষণ কর :—(i) আয়োডোফর্ম (ii) কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড (iii) আইসো প্রোপাইল আয়োডাইড।

8. টীকা লিখ : (i) চেতনানাশক ক্লোরোফর্ম (ii) সংক্রমণ জটিল যৌগ।

৭

স্নেহজ বা অ্যালিফ্যাটিক কোহল
Aliphatic Alcohols

হাইড্রোকার্বনের হাইড্রক্সি জাতককে অ্যালকোহল বা কোহল বলে। কিন্তু হাইড্রক্সি মূলক সরাসরি অ্যারোম্যাটিক বৃত্তে যুক্ত থাকলে তাকে কোহলের পরিবর্তে ফিনল বলা হয়।

কোহলে এক বা একাধিক হাইড্রক্সি মূলক থাকতে পারে। একটি মাত্র হাইড্রক্সি মূলক বিশিষ্ট কোহলকে এক-হাইড্রিক (Monohydric) কোহল বলে। সেরকম দুই, তিন বা বহু হাইড্রক্সি মূলক বিশিষ্ট কোহলকে যথাক্রমে দ্বি-হাইড্রিক (Dihydric), ত্রি-হাইড্রিক (Trihydric) এবং বহু হাইড্রিক (Polyhydric) কোহল বলে।

এক-হাইড্রিক	দ্বি-হাইড্রিক	ত্রি-হাইড্রিক
CH_3OH	CH_2OH | CH_2OH	CH_2OH | $CHOH$ | CH_2OH
মিথাইল কোহল	ইথিলিন গ্লাইকল	গ্লিসারল

এক-হাইড্রিক কোহলের শ্রেণীবিভাগ

এক-হাইড্রিক কোহলের সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+2}O$ বা $C_nH_{2n+1}\cdot OH$ হবে। এক-হাইড্রিক কোহলকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়। যে কোহলে $-CH_2OH$ অংশ বা পুঞ্জ থাকবে তাকে প্রাথমিক (Primary) কোহল বলে। আর যে কোহলে $>CHOH$ অংশ থাকবে তাকে দ্বিতীয়ক (Secondary) কোহল এবং যে কোহলে $-\!>COH$ অংশ থাকবে তাকে তৃতীয়ক (Tertiary) কোহল বলে।

প্রাথমিক কোহল	দ্বিতীয়ক কোহল	তৃতীয়ক কোহল
$CH_3\cdot OH$ বা HCH_2OH মিথাইল কোহল	$(CH_3)(CH_3)>CHOH$	$CH_3-C(CH_3)(CH_3)\cdot OH$
$CH_3\cdot CH_2OH$ ইথাইল কোহল	আইসোপ্রোপাইল কোহল	টারসিয়ারী বিউটাইল কোহল

নামকরণ ঃ তিন ভাবে কোহলগুলির নামকরণ করা যায়।

(ক) **সাধারণ পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে কোহলের নামকরণ করতে হলে সেই কোহলে যে অ্যালকাইল মূলক আছে তার নামের শেষে কোহল যোগ করে করা হয়। যেমন

CH_3OH মিথাইল কোহল

C_2H_5OH ইথাইল কোহল

$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH$ n (নরম্যাল) প্রোপাইল কোহল

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \!\!> CHOH$$ আইসোপ্রোপাইল কোহল

$(CH_3)_3 \cdot COH$ টারবিউটাইল কোহল

অনেক সময় অ্যালকাইল মূলকের আগে প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক, তৃতীয়ক ইত্যাদি যোগ করে নামকরণ করা হয়।

$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2CH_2OH$ প্রাথমিক বিউটাইল কোহল

$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} \cdot OH$$ দ্বিতীয়ক বিউটাইল কোহল

$(CH_3)_3 \cdot COH$ তৃতীয়ক বিউটাইল কোহল।

(খ) **কার্বিনল (Carbinol) পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে মিথাইল কোহলকে কার্বিনল বলা হয় এবং প্রত্যেক কোহলকে এই কার্বিনলের জাতক ধরা হয়। এখন এই মিথাইল কোহলের মিথাইল মূলকের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে একটি মিথাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে তাকে মিথাইল কার্বিনল $CH_3 \cdot CH_2OH$ বলে। ইথাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে তাকে ইথাইল কার্বিনল $C_2H_5 \cdot CH_2OH$ বলে। আবার কার্বিনলের মিথাইল মূলকের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে দুটি মিথাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে তাকে ডাই-মিথাইল কার্বিনল $(CH_3)_2CHOH$ বলে এবং তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু তিনটি মিথাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে তাকে ট্রাই-মিথাইল কার্বিনল $(CH_3)_3 \cdot COH$ বলে। এইভাবে $\begin{matrix} CH_3 \\ C_2H_5 \end{matrix} \!\!> CHOH$-কে মিথাইল ইথাইল কার্বিনল বলে এবং

$$C_2H_5 - \overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2}{\underset{|}{C}}}} \cdot OH$$-কে মিথাইল ইথাইল n প্রোপাইল কার্বিনল বলে।

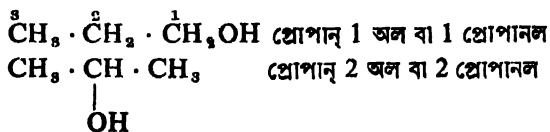
IUPAC পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে কোন কোহলের নামকরণ করতে প্রথমে হাইড্রক্সি মূলকযুক্ত সবচেয়ে দীর্ঘ কার্বন শৃঙ্খলে যতগুলি কার্বন পরমাণু আছে ঠিক ততগুলি কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালকেনের (Alkane) নামের শেষ অংশ e-কে ol (অল) দিয়ে পরিবর্তন করে করা হয়। পার্শ্বশৃঙ্খলও হাইড্রক্সি মূলকের অবস্থান সংখ্যা দিয়ে সূচিত করা হয় এবং হাইড্রক্সি মূলকের অবস্থান সবচেয়ে কম সংখ্যা দিয়ে সূচীত করতে হবে।

CH_3OH কোহলে একটিমাত্র কার্বন পরমাণু আছে। একটি কার্বন পরমাণু-বিশিষ্ট অ্যালকেনের নাম মিথেন (Methane)। অতএব মিথেন (Methane)-এর নামের শেষ অংশ e-কে ol (অল) দিয়ে পরিবর্তন করে CH_3OH-এর নামকরণ হবে মিথানল (Methanol)। এইভাবে $CH_3 \cdot CH_2 \cdot OH$-এর নাম হবে ইথানল (Ethanol)।

এক ও দুইটি কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট এক-হাইড্রিক কোহলের কোন সমসংকেত বা সমাবয়ব (Isomer) কোহল হয় না। অতএব হাইড্রক্সি মূলকের অবস্থান এক্ষেত্রে সংখ্যা দিয়ে সূচীত করার প্রয়োজন নেই। কিন্তু তিন বা তিনের অধিক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট কোহলের সমসংকেত কোহল হয় এবং সমসংকেতের সংখ্যা কার্বন পরমাণুর বৃদ্ধিতে বৃদ্ধি পায়। সমসংকেত কোহলের হাইড্রক্সি মূলকের অবস্থান সংখ্যা দিয়ে সুনির্দিষ্ট করা হয়। হাইড্রক্সি মূলক যে প্রান্তিক (End) কার্বন পরমাণুর নিকটে অবস্থিত সেই কার্বন পরমাণুকে 1 সংখ্যা দিয়ে এবং এই কোহলের শৃঙ্খলে অবস্থিত পরবর্তী কার্বন পরমাণুগুলিকে ক্রমান্বয়ে 2, 3, 4 ইত্যাদি দিয়ে সুনির্দিষ্ট করা হয়। শৃঙ্খলটি এমনভাবে ধরা হয় যাতে ঐ শৃঙ্খলে সর্বাধিক কার্বন পরমাণু থাকে। এখন এইরূপ কোহলের নামকরণ করতে ঐ কোহলের শৃঙ্খলে অবস্থিত সর্বাধিক কার্বন পরমাণু-বিশিষ্ট অ্যালকেনের (Alkane) নামের শেষ অংশ e-কে ol (অল) দিয়ে পরিবর্তন করে এবং OH' মূলকটি শৃঙ্খলের যে কার্বন পরমাণুতে যুক্ত সেই কার্বন পরমাণুর সংখ্যাটি ol-এর পূর্বে বসাতে হবে এবং সবসময় ol-এর পূর্বে সর্বনিম্ন সংখ্যা দিয়ে OH' মূলকের অবস্থান সূচীত করতে হবে। কোহলের কার্বন শৃঙ্খলে যদি এক বা একাধিক অ্যালকাইল (Alkyl) মূলক বা অন্য কোন মূলক থাকে তাহলে সেই সব মূলকের অবস্থানও সূচীত করতে হবে।

$\overset{3}{C}H_3 \cdot \overset{2}{C}H_2 \cdot \overset{1}{C}H_2OH$ প্রোপান্ 1 অল বা 1 প্রোপানল

$CH_3 \cdot \underset{|}{C}H \cdot CH_3$ প্রোপান্ 2 অল বা 2 প্রোপানল

$\quad\quad OH$

$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH$ 1 বিউটানল বা বিউটান্ 1 অল

$CH_3 \cdot CH_2 \cdot \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} \cdot CH_3$ 2 বিউটানল বা বিউটান্ 2 অল

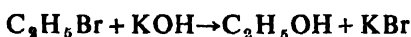
$\overset{3}{C}H_3 \cdot \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{2}{C}H}} \cdot \overset{1}{C}H_2OH$ 2 মিথাইল প্রোপান্ 1 অল

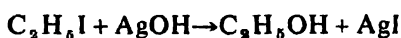
কারণ এই কোহলের 1 নং কার্বন পরমাণুতে OH মূলক এবং 2 নং কার্বন পরমাণুতে মিথাইল মূলক আছে এবং শৃঙ্খলে সর্বাধিক তিনটি কার্বন পরমাণু আছে।

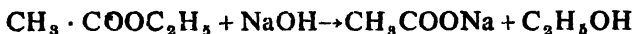
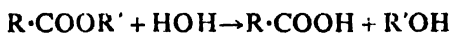
$CH_3 \cdot \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}} \cdot OH$ 2 মিথাইল প্রোপেন 2 অল

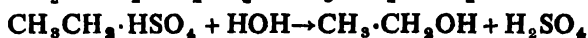
এক-হাইড্রিক কোহলের প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি

1. **অ্যালকাইল হ্যালাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ দ্বারা :** অ্যালকাইল হ্যালাইডের সহিত লঘু কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণকে ফুটিয়ে কোহল প্রস্তুত করা হয়।

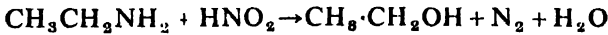
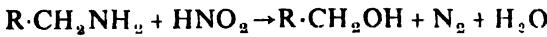
$$RX + KOH \rightarrow ROH + KX$$
$$C_2H_5Br + KOH \rightarrow C_2H_5OH + KBr$$

কস্টিক সোডার পরিবর্তে সিলভার হাইড্রক্সাইড ব্যবহারে কোহলের পরিমাণ বেশি হয়।

$$C_2H_5I + AgOH \rightarrow C_2H_5OH + AgI$$

2. **এস্টারের আর্দ্র বিশ্লেষণ দিয়ে :** অ্যালকালি (Alkali) বা অজৈব অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবণের সঙ্গে এস্টারকে ফোটালে এস্টার আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে জৈব অ্যাসিডে ও কোহলে পরিণত হয়।

$$R \cdot COOR' + HOH \rightarrow R \cdot COOH + R'OH$$
$$CH_3 \cdot COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$$

3. **অ্যালকিনে বা অলিফাইন যৌগে জল সংযোগ করে :** অ্যালকিন বা অলিফাইন হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যালকাইল হাইড্রোজেন সালফেটকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে কোহল পাওয়া যায়।

$$CH_2 = CH_2 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3 \cdot CH_2 \cdot HSO_4$$
$$CH_3CH_2 \cdot HSO_4 + HOH \rightarrow CH_3 \cdot CH_2OH + H_2SO_4$$

4. **অ্যালিফ্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিন থেকে:** অ্যালিফ্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের সঙ্গে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কোহল প্রস্তুত করা যায়।

$$R{\cdot}CH_2NH_2 + HNO_2 \rightarrow R{\cdot}CH_2OH + N_2 + H_2O$$

$$CH_3CH_2NH_2 + HNO_2 \rightarrow CH_3{\cdot}CH_2OH + N_2 + H_2O$$

5. **অ্যালডিহাইড, কিটোন, জৈব অ্যাসিড, এস্টার, অ্যাসিড ক্লোরাইড, অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডের বিজারণ দ্বারা:** উপযুক্ত বিজারক দিয়ে উপরোক্ত জৈব যৌগকে বিজারিত করে কোহল প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_3 \cdot CHO + 2H \xrightarrow{H_2/Ni} CH_3{\cdot}CH_2OH$$

$$CH_3 \cdot CO{\cdot}CH_3 + 2H \xrightarrow{H_2/Ni} CH_3{\cdot}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}H}{\cdot}CH_3$$

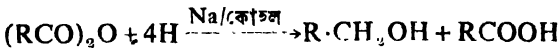
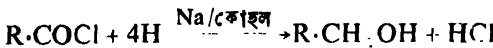
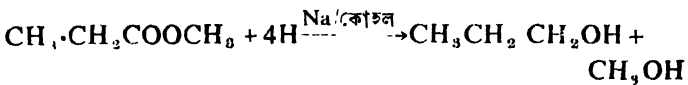
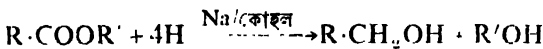
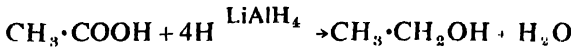
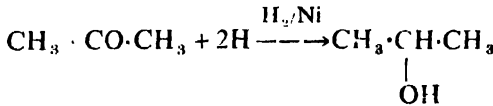
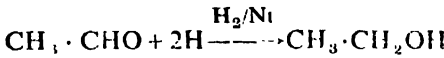
$$R{\cdot}COOH + 4H \xrightarrow{LiAlH_4} R{\cdot}CH_2OH + H_2O$$

$$CH_3{\cdot}COOH + 4H \xrightarrow{LiAlH_4} CH_3{\cdot}CH_2OH + H_2O$$

$$R{\cdot}COOR' + 4H \xrightarrow{Na/\text{কোহল}} R{\cdot}CH_2OH + R'OH$$

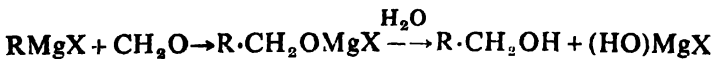
$$CH_3{\cdot}CH_2COOCH_3 + 4H \xrightarrow{Na/\text{কোহল}} CH_3CH_2\,CH_2OH + CH_3OH$$

$$R{\cdot}COCl + 4H \xrightarrow{Na/\text{কোহল}} R{\cdot}CH_2OH + HCl$$

$$(RCO)_2O + 4H \xrightarrow{Na/\text{কোহল}} R{\cdot}CH_2OH + RCOOH$$

অ্যালডিহাইড, জৈব অ্যাসিড, এস্টার, অ্যাসিড ক্লোরাইড, অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড-কে বিজারিত করলে প্রাথমিক কোহল পাওয়া যায় এবং কিটোনকে বিজারিত করলে দ্বিতীয়ক কোহল পাওয়া যায়।

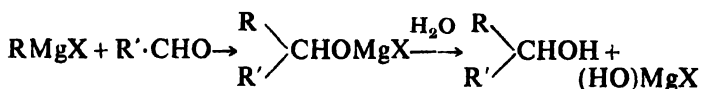
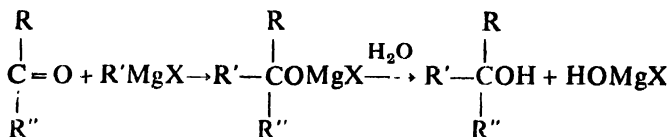
6. **গ্রিগনার্ড বিকারকের (Grignard reagent) সাহায্যে:** (ক) ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় প্রাথমিক কোহল প্রস্তুত করা হয়।

$$RMgX + CH_2O \rightarrow R{\cdot}CH_2OMgX \xrightarrow{H_2O} R{\cdot}CH_2OH + (HO)MgX$$

$$CH_3MgI + CH_2O \rightarrow CH_3{\cdot}CH_2OMgI \xrightarrow{H_2O} CH_3{\cdot}CH_2OH + (HO)MgI$$

(খ) ফরম্যালডিহাইড ছাড়া যে কোন অ্যালডিহাইডের সঙ্গে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় দ্বিতীয়ক কোহল উৎপন্ন হয়।

$$RMgX + R'\cdot CHO \rightarrow \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>\!CHOMgX \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>\!CHOH + (HO)MgX$$

(গ) কিটোনের সঙ্গে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় তৃতীয়ক কোহল উৎপন্ন হয়।

$$\underset{R''}{\overset{R}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}=O + R'MgX \rightarrow R'-\underset{R''}{\overset{R}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}OMgX \xrightarrow{H_2O} R'-\underset{R''}{\overset{R}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}OH + HOMgX$$

7. **কার্বোহাইড্রেটের সন্ধান প্রক্রিয়ায় (Fermentation) কোহল প্রস্তুত করা যায়ঃ** কার্বোহাইড্রেট দ্রবণকে অতি ক্ষুদ্র জীবাণু ঈস্টের সাহায্যে কোহলে পরিণত করা যায়।

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ঈস্ট}} 2C_2H_5OH + 2CO_2.$$

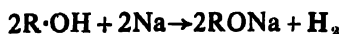
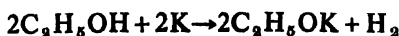
এক-হাইড্রিক কোহলের ধর্মঃ কোহলগুলি প্রশম (Neutral) বস্তু। নিম্নতর সদস্যগুলি তরল, বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত এবং এদের স্বাদে একটা জ্বালার ভাব (Burning) লক্ষ্য করা যায়। উচ্চতর সদস্যগুলি বর্ণহীন কঠিন পদার্থ হয়।

সমসংকেত কোহলগুলির মধ্যে প্রাথমিক কোহলের স্ফুটনাঙ্ক সর্বাধিক এবং তৃতীয়ক কোহলের স্ফুটনাঙ্ক সবচেয়ে কম। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে কোহলগুলির গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। নিম্নতর সদস্যগুলি জলে খুব দ্রাব্য, কিন্তু আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে এদের দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। কোহলের অণুগুলির মধ্যে হাইড্রোজেন যোজক (Hydrogen bond) থাকায় এদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক যা হওয়ার কথা তার চেয়ে অনেক বেশি।

রাসায়নিক ধর্মঃ 1. সোডিয়াম, পটাশিয়ামের মত তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক মৌল কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকক্সাইড (Alkoxide) ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$2R\cdot OH + 2Na \rightarrow 2RONa + H_2$$

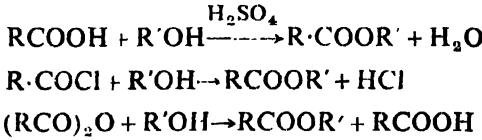
সোডিয়াম অ্যালকক্সাইড

$$2C_2H_5OH + 2K \rightarrow 2C_2H_5OK + H_2$$

পটাশিয়াম ইথক্সাইড

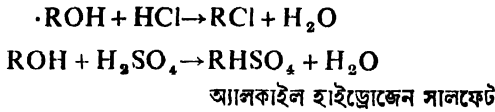
2. (ক) জৈব অ্যাসিড বা অ্যাসিড ক্লোরাইড বা অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে কোহলের বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন হয়।

$$RCOOH + R'OH \xrightarrow{H_2SO_4} R\cdot COOR' + H_2O$$

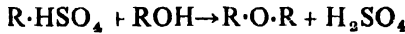
$$R\cdot COCl + R'OH \rightarrow RCOOR' + HCl$$

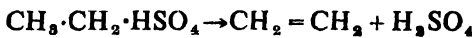
$$(RCO)_2O + R'OH \rightarrow RCOOR' + RCOOH$$

(খ) অজৈব অ্যাসিডের সঙ্গে কোহলের বিক্রিয়ায় অজৈব অ্যাসিডের এস্টার উৎপন্ন হয়।

$$ROH + HCl \rightarrow RCl + H_2O$$

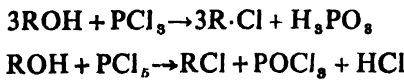
$$ROH + H_2SO_4 \rightarrow RHSO_4 + H_2O$$

অ্যালকাইল হাইড্রোজেন সালফেট

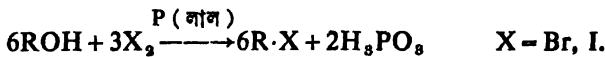
অ্যালকাইল হাইড্রোজেন সালফেট অতিরিক্ত কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথার উৎপন্ন করে।

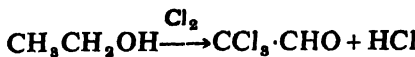
$$R\cdot HSO_4 + ROH \rightarrow R\cdot O\cdot R + H_2SO_4$$

মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ছাড়া অন্য অ্যালকাইল হাইড্রোজেন সালফেটকে উত্তপ্ত করলে অলিফাইন যৌগ উৎপন্ন হয়।

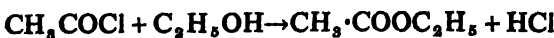
$$CH_3\cdot CH_2\cdot HSO_4 \rightarrow CH_2 = CH_2 + H_2SO_4$$

3. ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড বা পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে কোহলের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

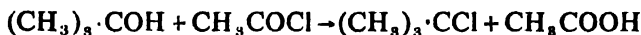
$$3ROH + PCl_3 \rightarrow 3R\cdot Cl + H_3PO_3$$

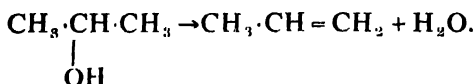
$$ROH + PCl_5 \rightarrow RCl + POCl_3 + HCl$$

লাল ফস্‌ফরাসের উপস্থিতিতে কোহলগুলি ব্রোমিন বা আয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যালকাইল ব্রোমাইড বা আয়োডাইড উৎপন্ন করে।

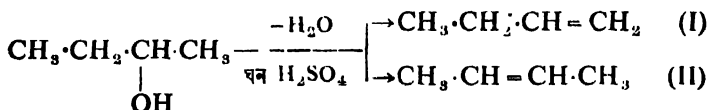
$$6ROH + 3X_2 \xrightarrow{P\ (\text{লাল})} 6R\cdot X + 2H_3PO_3 \qquad X = Br, I.$$

কোহলের সঙ্গে ক্লোরিন বা ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত জারিত বস্তু পাওয়া যায়।

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow{Cl_2} CCl_3\cdot CHO + HCl$$

4. অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড দিয়ে সহজে প্রাথমিক এবং দ্বিতীয়ক কোহলকে অ্যাসিটাইলেশান (Acctylation) করা যায়।

$$CH_3COCl + C_2H_5OH \rightarrow CH_3\cdot COOC_2H_5 + HCl$$

অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে তৃতীয়ক কোহলের বিক্রিয়ায় বেশির ভাগ ক্ষেত্রে কোহল থেকে জল বিযুক্তি ঘটে এবং অনেক সময় কোহল থেকে অ্যালকাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

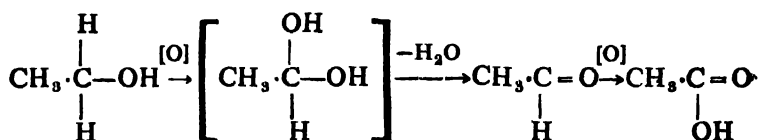
$$(CH_3)_3 \cdot COH + CH_3COCl \rightarrow (CH_3)_3 \cdot CCl + CH_3COOH$$

5. কোহলকে উত্তপ্ত করলে কোহল থেকে জল বিযুক্তি ঘটে ফলে অ্যালকিন (Alkene) উৎপন্ন হয়। অ্যালুমিনা বা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অনেক কম তাপমাত্রায় কোহল থেকে জল বিযুক্তি ঘটে। কোহলের যে কার্বন পরমাণুতে হাইড্রক্সি মূলকটি সংযুক্ত ঠিক তার পাশের কার্বন পরমাণু থেকে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু হাইড্রক্সি মূলকের সঙ্গে যুক্ত হয়ে জলের অণুর বিযুক্তি ঘটায়। এই জল বিযুক্তি বিক্রিয়ায় গতির মাত্রা হবে তৃতীয়ক > দ্বিতীয়ক > প্রাথমিক।

$$CH_3 \cdot \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} \cdot CH_3 \rightarrow CH_3 \cdot CH = CH_2 + H_2O.$$

দ্বিতীয়ক এবং তৃতীয়ক কোহলের ক্ষেত্রে এই জল বিযুক্ত (Dehydration) দুভাবে হতে পারে। যেমন—

$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} \cdot CH_3 \xrightarrow[\text{ঘন } H_2SO_4]{-H_2O} \begin{cases} \rightarrow CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH = CH_2 & (I) \\ \rightarrow CH_3 \cdot CH = CH \cdot CH_3 & (II) \end{cases}$$

সেটজেফের নিয়ম অনুসারে (II) যৌগটি বেশি পরিমাণে উৎপন্ন হবে।

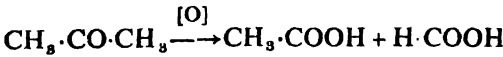
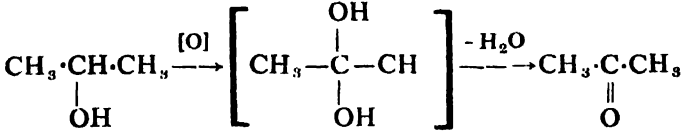
6. সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক কোহলগুলি জারিত হয় এবং তিন রকম কোহলের ক্ষেত্রে বিভিন্ন রকমের জারিত দ্রব্য পাওয়া যায়।

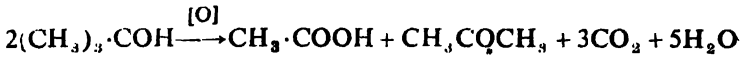
(ক) প্রাথমিক কোহল জারিত হয়ে প্রথমে অ্যালডিহাইড এবং পরে অ্যাসিডে পরিণত হয়। উৎপন্ন অ্যালডিহাইড এবং অ্যাসিডের কার্বন পরমাণুর সংখ্যা কোহলে উপস্থিত কার্বন পরমাণুর সংখ্যার সঙ্গে সমান থাকবে।

$$CH_3 \cdot \overset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}}}-OH \xrightarrow{[O]} \left[CH_3 \cdot \overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}}}-OH \right] \xrightarrow{-H_2O} CH_3 \cdot \underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}} = O \xrightarrow{[O]} CH_3 \cdot \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} = O$$

(খ) দ্বিতীয়ক কোহল জারিত হয়ে কিটোন উৎপন্ন করে এবং কিটোনের কার্বন পরমাণুর সংখ্যা কোহলের সঙ্গে সমান হবে। কিটোনগুলিকে জারিত করা অপেক্ষাকৃত

কঠিন কিন্তু শক্তিশালী জারক দ্রব্য দিয়ে কিটোনকে জারিত করে অ্যাসিড মিশ্রণ পাওয়া যায় এবং যে কোন অ্যাসিডের কার্বন পরমাণুর সংখ্যা কোহলের থেকে অবশ্যই কম হবে।

$$CH_3\cdot \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}\cdot CH_3 \xrightarrow{[O]} \left[CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{C}}}}-CH \right] \xrightarrow{-H_2O} CH_3\cdot \underset{\displaystyle O}{\underset{||}{C}}\cdot CH_3$$

$$CH_3\cdot CO\cdot CH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3\cdot COOH + H\cdot COOH$$

(গ) তৃতীয়ক কোহলকে জারিত করা বেশ কঠিন এবং শক্তিশালী জারক দ্রব্য তৃতীয়ক কোহলকে জারিত করে অ্যাসিড ও কিটোনে পরিণত করে এবং অ্যাসিড ও কিটোনের কার্বন পরমাণুর সংখ্যা কোহলের থেকে অবশ্যই কম হবে।

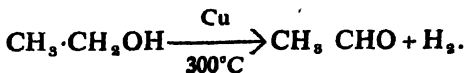
$$2(CH_3)_3\cdot COH \xrightarrow{[O]} CH_3\cdot COOH + CH_3COCH_3 + 3CO_2 + 5H_2O$$

প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক কোহলের সনাক্তকরণ

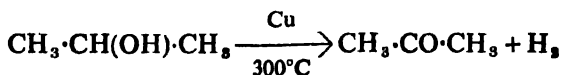
নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে তিন প্রকার কোহলকে সনাক্ত করা হয়—

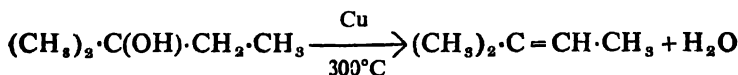
1. জারণ পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে প্রাথমিক কোহল প্রথমে জারিত হয়ে অ্যালডিহাইড এবং পরে অ্যাসিডে পরিণত হয়। অ্যালডিহাইড ও অ্যাসিডের কার্বন পরমাণুর সংখ্যা কোহলের সঙ্গে সমান হবে। কিন্তু দ্বিতীয়ক কোহলকে জারিত করলে প্রথমে কিটোন হবে এবং পরে মিশ্র অ্যাসিড পাওয়া যাবে। কিটোনের কার্বন পরমাণুর সংখ্যা কোহলের সঙ্গে এক হলেও মিশ্র অ্যাসিডের যে কোনটির কার্বন পরমাণুর সংখ্যা কোহলের থেকে কম হবে। তৃতীয়ক কোহলকে জারিত করা বেশ কঠিন। কিন্তু তৃতীয়ক কোহল জারিত হয়ে কিটোন ও অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা কোহলের থেকে কম হবে। (কোহলের 6 নং বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য)

2. হাইড্রোজেন বিযুক্তি বিক্রিয়া : উত্তপ্ত ও বিজারিত তামার উপর দিয়ে তিন শ্রেণীর কোহলের বাষ্প পরিচালিত করলে উৎপন্ন বস্তু তিন প্রকার কোহলের জন্য বিভিন্ন হবে।

(ক) প্রাথমিক কোহল থেকে হাইড্রোজেনের অণু বিযুক্ত হয়ে প্রাথমিক কোহল অ্যালডিহাইডে পরিণত হয়। যেমন,

$$CH_3\cdot CH_2OH \xrightarrow[300°C]{Cu} CH_3\ CHO + H_2.$$

(খ) দ্বিতীয়ক থেকে হাইড্রোজেনের অণু বিযুক্ত হয়ে দ্বিতীয়ক কোহল কিটোনে পরিণত হয়। যেমন,

$$CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}CH_3 \xrightarrow[300°C]{Cu} CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + H_2$$

(গ) তৃতীয়ক কোহল থেকে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে তৃতীয়ক কোহল অলিফাইনে পরিণত হয়। যেমন,

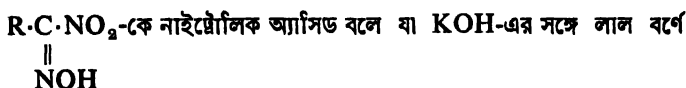
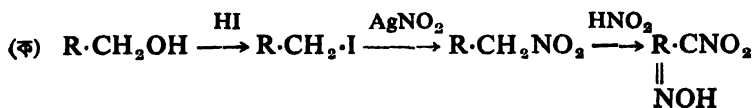
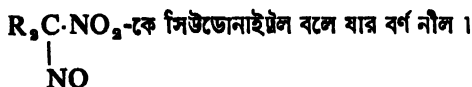
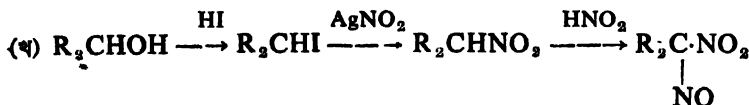
$$(CH_3)_2{\cdot}C(OH){\cdot}CH_2{\cdot}CH_3 \xrightarrow[300°C]{Cu} (CH_3)_2{\cdot}C{=}CH{\cdot}CH_3 + H_2O$$

3. **ভিক্টর মেয়ারের পরীক্ষা :** তিন প্রকার কোহল থেকে তিন প্রকার নাইট্রো-অ্যালকেন গঠিত হয়। এই তিন প্রকার নাইট্রো-অ্যালকেন নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিভিন্নভাবে আচরণ করে। প্রথমে কোহলকে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডাইড প্রস্তুত করা হয়। এই আয়োডাইডের সঙ্গে সিলভার নাইট্রাইট বিক্রিয়ায় নাইট্রো অ্যালকেন প্রস্তুত হবে। এই নাইট্রো অ্যালকেনের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিড যোগ করে পরে ক্ষারীয় (Alkaline) করা হয়। প্রাথমিক কোহলের ক্ষেত্রে দ্রবণের বর্ণ লাল হবে, দ্বিতীয়ক কোহলের ক্ষেত্রে দ্রবণের বর্ণ নীল হবে। তৃতীয়ক কোহলের ক্ষেত্রে নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে কোনরূপ বিক্রিয়া হবে না।

(ক) $$R{\cdot}CH_2OH \xrightarrow{HI} R{\cdot}CH_2{\cdot}I \xrightarrow{AgNO_2} R{\cdot}CH_2NO_2 \xrightarrow{HNO_2} R{\cdot}\underset{\underset{NOH}{||}}{C}NO_2$$

$R{\cdot}\underset{\underset{NOH}{||}}{C}{\cdot}NO_2$-কে নাইট্রোলিক অ্যাসিড বলে যা KOH-এর সঙ্গে লাল বর্ণে পরিণত হয়।

(খ) $$R_2CHOH \xrightarrow{HI} R_2CHI \xrightarrow{AgNO_2} R_2CHNO_2 \xrightarrow{HNO_2} R_2\underset{\underset{NO}{|}}{C}{\cdot}NO_2$$

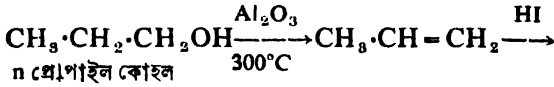
$R_2\underset{\underset{NO}{|}}{C}{\cdot}NO_2$-কে সিউডোনাইট্রল বলে যার বর্ণ নীল।

(গ) $$R_3{\cdot}COH \xrightarrow{HI} R_3C{\cdot}I \xrightarrow{AgNO_2} R_3{\cdot}CNO_2$$

$R_3{\cdot}CNO_2$ নাইট্রো অ্যালকেনটি নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

প্রাথমিক কোহলকে দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক কোহলে পরিণত করা

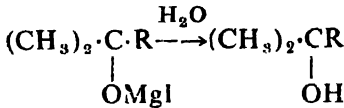
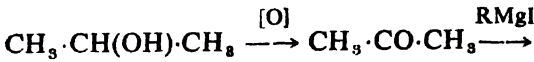
(1) **প্রাথমিক কোহলকে দ্বিতীয়ক কোহলে পরিণত করা :**

$$\underset{\text{n প্রোপাইল কোহল}}{CH_3\cdot CH_2\cdot CH_2OH} \xrightarrow[300°C]{Al_2O_3} CH_3\cdot CH=CH_2 \xrightarrow{HI}$$

$$\underset{\substack{|\\ I}}{CH_3\cdot CH\cdot CH_3} \xrightarrow{AgOH} \underset{\substack{|\\ OH}}{CH_3\cdot CH\cdot CH_3}$$

আইসোপ্রোপাইল কোহল

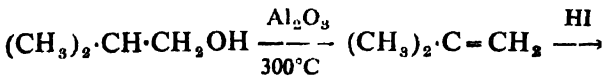
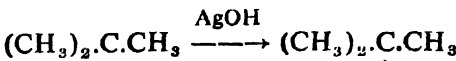
(2) **দ্বিতীয়ক কোহল থেকে তৃতীয়ক কোহল :**

$$CH_3\cdot CH(OH)\cdot CH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3\cdot CO\cdot CH_3 \xrightarrow{RMgI}$$

$$(CH_3)_2\cdot \underset{\substack{|\\ OMgI}}{C}\cdot R \xrightarrow{H_2O} (CH_3)_2\cdot \underset{\substack{|\\ OH}}{C}R$$

তৃতীয়ক কোহল

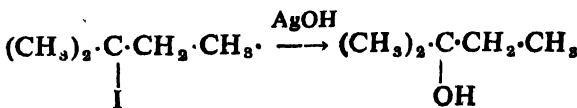
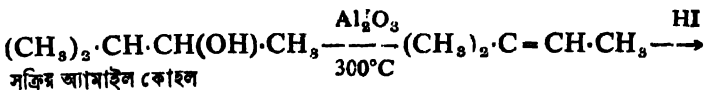
(3) **প্রাথমিক কোহল থেকে তৃতীয়ক কোহল :**

$$\underset{\text{আইসোবিউটাইল কোহল}}{(CH_3)_2\cdot CH\cdot CH_2OH} \xrightarrow[300°C]{Al_2O_3} (CH_3)_2\cdot C=CH_2 \xrightarrow{HI}$$

$$(CH_3)_2.\underset{\substack{|\\ I}}{C}.CH_3 \xrightarrow{AgOH} (CH_3)_2.\underset{\substack{|\\ OH}}{C}.CH_3$$

তৃতীয়ক বিউটাইল কোহল

(4) **দ্বিতীয়ক কোহল থেকে তৃতীয়ক কোহল :**

$$\underset{\text{সক্রিয় অ্যামাইল কোহল}}{(CH_3)_2\cdot CH\cdot CH(OH)\cdot CH_3} \xrightarrow[300°C]{Al_2O_3} (CH_3)_2\cdot C=CH\cdot CH_3 \xrightarrow{HI}$$

$$(CH_3)_2\cdot \underset{\substack{|\\ I}}{C}\cdot CH_2\cdot CH_3 \xrightarrow{AgOH} (CH_3)_2\cdot \underset{\substack{|\\ OH}}{C}\cdot CH_2\cdot CH_3$$

নিম্নতর কোহলকে উচ্চতর কোহলে এবং উচ্চতর কোহলকে নিম্নতর কোহলে পরিণত করা

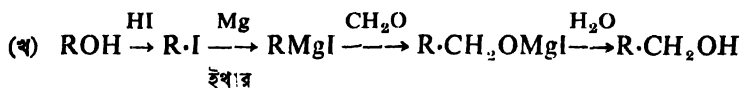
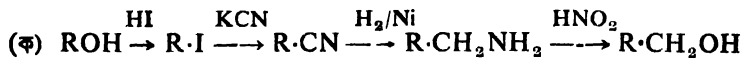
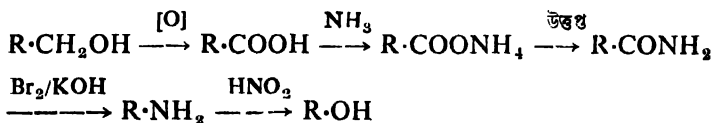
(1) নিম্নতর কোহল থেকে উচ্চতর কোহল :

(ক) $ROH \xrightarrow{HI} R\cdot I \xrightarrow{KCN} R\cdot CN \xrightarrow{H_2/Ni} R\cdot CH_2NH_2 \xrightarrow{HNO_2} R\cdot CH_2OH$

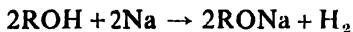
(খ) $ROH \xrightarrow{HI} R\cdot I \xrightarrow[\text{ইথার}]{Mg} RMgI \xrightarrow{CH_2O} R\cdot CH_2OMgI \xrightarrow{H_2O} R\cdot CH_2OH$

(2) উচ্চতর কোহল থেকে নিম্নতর কোহল :

$$R\cdot CH_2OH \xrightarrow{[O]} R\cdot COOH \xrightarrow{NH_3} R\cdot COONH_4 \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত}} R\cdot CONH_2$$

$$\xrightarrow{Br_2/KOH} R\cdot NH_2 \xrightarrow{HNO_2} R\cdot OH$$

কোহলের হাইড্রক্সি মূলকের সনাক্তকরণ :

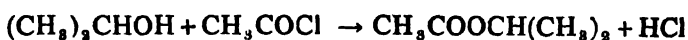
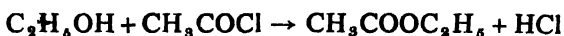
(ক) তরল অথবা কঠিন প্রশম (Neutral) জৈব যৌগকে বিশুষ্ক ইথার বা বেনজিনের মত নিষ্ক্রিয় (Inert) দ্রাবকে দ্রবীভূত করা হয় এবং এই দ্রবণে সোডিয়াম যোগ করলে যদি হাইড্রোজেন গ্যাস বুদবুদাকারে নির্গত হয় তবে যৌগটিতে হাইড্রক্সি মূলক আছে

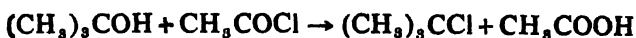
$$2ROH + 2Na \rightarrow 2RONa + H_2$$

(খ) প্রশম জৈব যৌগে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড যোগ করলে যদি মিশ্রণটি গরম হয়ে ওঠে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড নির্গত হয় তবে জৈব যৌগটিতে হাইড্রক্সি মূলক আছে।

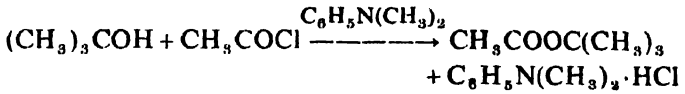
$$ROH + PCl_5 \rightarrow RCl + POCl_3 + HCl$$

প্রাথমিক বা দ্বিতীয়ক কোহলের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটেট এস্টার ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$C_2H_5OH + CH_3COCl \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl$$

$$(CH_3)_2CHOH + CH_3COCl \rightarrow CH_3COOCH(CH_3)_2 + HCl$$

তৃতীয়ক কোহলের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় তৃতীয়ক কোহল থেকে জল বিযুক্ত হয়ে অ্যালকিন বা তৃতীয়ক অ্যালকাইল ক্লোরাইডে পরিণত হয়। টারবিউটাইল কোহলের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় টারবিউটাইল ক্লোরাইড ভালো পরিমাণে উৎপন্ন হয়।

$$(CH_3)_3COH + CH_3COCl \rightarrow (CH_3)_3CCl + CH_3COOH$$

কিন্তু ডাইমিথাইল অ্যানিলিনের মত ক্ষারকের উপস্থিতিতে তৃতীয়ক কোহল অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় এস্টার বেশ ভাল পরিমাণে উৎপন্ন হয়।

$$(CH_3)_3COH + CH_3COCl \xrightarrow{C_6H_5N(CH_3)_2} CH_3COOC(CH_3)_3 + C_6H_5N(CH_3)_2 \cdot HCl$$

মিথাইল কোহল বা মিথানল বা কার্বিনল CH_3OH

এক-হাইড্রিক কোহলের প্রথম সদস্য। মিথাইল কোহলকে কাঠের অন্তর্ধূম পাতনে প্রাপ্ত পাইরোলিগনিয়াস (Pyroligneous) অ্যাসিড থেকে পাওয়া যায়। এর জন্য মিথাইল কোহলকে উড স্পিরিট (Wood spirit) বা উড ন্যাপ্‌থা (Wood naphtha) বলে।

প্রস্তুত প্রণালী : মিথাইল হ্যালাইড বা মিথাইল এস্টারের আর্দ্র বিশ্লেষণে মিথাইল কোহল প্রস্তুত করা যায়। তাছাড়া মিথাইল অ্যামিনের উপর নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় মিথাইল কোহল প্রস্তুত করা যায়। নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে মিথাইল কোহলের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

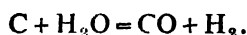
(1) **পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড :** লোহার বকযন্ত্রে বায়ুর অনুপস্থিতিতে 300°—400°C-এ কাঠের টুকরাগুলিকে উত্তপ্ত করলে যে তরল পাওয়া যায় তা দুই অংশে বিভক্ত হয়ে যায়। উপরের লোহিতাভ বাদামী রঙের জলীয় অংশকে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড বলে এবং নিচের কালো রঙের ঘন তরলকে কাঠের আলকাতরা বলে। পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডে 9-10% অ্যাসিটিক অ্যাসিড, 2-4% মিথাইল কোহল এবং 0·1-0·5% অ্যাসিটোন থাকে, এ ছাড়া কার্বনের কণা ও জল থাকে।

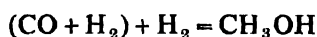
পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডকে তামার পাত্রে নিয়ে পাতিত করা হয়। ফলে মিথাইল কোহল, অ্যাসিটোন ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড বাষ্পীভূত হয় এবং ঐ বাষ্পকে গরম চুন জলের (Milk of lime) মধ্য দিয়ে পরিচালিত করে অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে অনুদ্বায়ী (Non-volatile) ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট লবণে পরিণত করা হয়। চুন জলের মধ্য দিয়ে যে বাষ্প চলে আসে তাতে মিথাইল কোহল এবং অ্যাসিটোন থাকে। এই বাষ্পকে ঘনীভূত করে আংশিক পাতনের সাহায্যে অ্যাসিটোন (স্ফুটনাঙ্ক 56°C) থেকে মিথাইল কোহলকে (স্ফুটনাঙ্ক 65°C) আলাদা করা হয়। এইভাবে পাওয়া মিথাইল কোহলে সব সময় কিছু অ্যাসিটোন থাকবে। অ্যাসিটোন মুক্ত

মিথাইল কোহল প্রস্তুত করতে হলে এই মিথাইল কোহলকে কঠিন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে রাখা হয়। এতে মিথাইল কোহল ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে যুক্ত হয়ে $CaCl_2, 4CH_3OH$ কেলাস গঠন করে। এই কেলাস থেকে অ্যাসিটোনকে নিংড়ে আলাদা করা হয় এবং $CaCl_2, 4CH_3OH$ কেলাসকে জলের সঙ্গে উত্তপ্ত করে মিথাইল কোহল পাওয়া যায়। এই মিথাইল কোহলকে পোড়া চুনের (CaO) উপর পাতিত করে জল অপসারিত করা হয়।

(2) **ওয়াটার গ্যাস থেকে :** আজকাল ওয়াটার গ্যাস থেকে সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে মিথাইল কোহল প্রস্তুত করা হয়।

লোহিত তপ্ত কোকের উপর জলীয় বাষ্প পরিচালিত করে ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

$$C + H_2O = CO + H_2.$$

এই ওয়াটার গ্যাসকে বিশুদ্ধ করে এর অর্ধেক আয়তন পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস যোগ করা হয়। এই গ্যাস মিশ্রণটিকে 200-300 গুণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ও 450°C-এ জিংক অক্সাইড ও ক্রোমিয়াম অক্সাইডের অনুঘটকের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে মিথাইল কোহল উৎপন্ন হয়। অবশ্য অন্যান্য উচ্চ স্ফুটনাঙ্কের কোহলও উৎপাদিত হয়, যাদের থেকে মিথাইল কোহলকে আংশিক পাতন করে আলাদা করা হয়।

$$\underset{\text{ওয়াটার গ্যাস}}{(CO + H_2)} + H_2 = CH_3OH$$

(3) **মিথেন থেকে :** প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে প্রাপ্ত মিথেনকে জারিত করে মিথানল প্রস্তুত করা যায়। মিথেন ও অক্সিজেন মিশ্রণকে 100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ও 200°C-এ তামার নলের মধ্য দিয়ে পরিচালিত করে মিথানল উৎপাদন করা যায়।

$$2CH_4 + O_2 \rightarrow 2CH_3OH$$

ধর্ম

ভৌত ধর্ম : মিথাইল কোহল বর্ণহীন মিষ্ট গন্ধযুক্ত, উদ্বায়ী ও প্রশম তরল। এটি জলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়। এটি বিষাক্ত পদার্থ এবং একটি দাহ্য বস্তু। গলনাঙ্ক −95°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 65°C। মিথানল অনার্দ্র গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে $CaCl_2\ 4CH_3OH$ কেলাস গঠন করে।

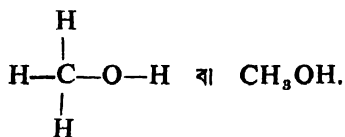
রাসায়নিক ধর্ম : মিথানলের রাসায়নিক ধর্ম কোহলের সাধারণ ধর্মের ন্যায়

ব্যবহার : ইথাইল কোহলকে পানের অযোগ্য করার জন্য মিথানল ব্যবহৃত হয়। এছাড়া মিথাইল হ্যালাইড, মিথাইল এস্টার, ফরম্যালডিহাইড, মিথাইল ও ডাই-মিথাইল অ্যানিলিন প্রস্তুতিতে এবং শীতপ্রধান দেশে মোটরের রেডিয়েটরে হিমায়নরোধক (Antifreeze) হিসেবে মিথানল ব্যবহৃত হয়। মিথানল অত্যন্ত ভালো দ্রাবক। রঙ, বার্নিশ, গালা, সেলুলয়েড ইত্যাদিকে দ্রবীভূত করতে মিথানলকে ব্যবহৃত করা হয়।

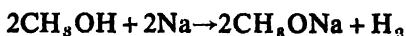
সনাক্তকরণ : (ক) স্যালিস্যালিক অ্যাসিড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিথানল মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে কদমফুলের মত গন্ধ পাওয়া যায়। এই গন্ধ মিথাইল স্যালিস্যালিটের জন্য পাওয়া যায়।

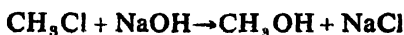
(খ) মিথাইল কোহলের মধ্যে লাল উত্তপ্ত তামার তার কয়েকবার প্রবেশ করালে মিথাইল কোহল ফরম্যালডিহাইডে পরিণত হয়, যাকে গন্ধের সাহায্যে সনাক্ত করা যায়।

গঠন : বিশ্লেষণ ও আণবিক ওজন নিরূপণে জানা যায় মিথাইল কোহলের আণবিক সংকেত CH_4O। কার্বনের চার, অক্সিজেনের দুই এবং হাইড্রোজেনের এক যোজ্যতা ধরলে মিথাইল কোহলের গঠন একটিই সম্ভব, তা হলো,

$$\begin{array}{c} \quad H \\ \quad | \\ H-C-O-H \\ \quad | \\ \quad H \end{array} \quad \text{বা} \quad CH_3OH.$$

মিথাইল কোহলের সাধারণ বিক্রিয়াগুলি এই গঠন সমর্থন করে। যেমন,

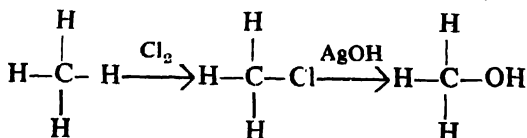
(1) সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথানলের একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয়। সুতরাং এই হাইড্রোজেন পরমাণুটির সংযোগের অবস্থা অপর তিনটি হাইড্রোজেনের থেকে আলাদা।

$$2CH_3OH + 2Na \rightarrow 2CH_3ONa + H_2$$

(2) মিথাইল ক্লোরাইডকে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে মিথানল প্রস্তুত করা যায়। মিথাইল ক্লোরাইডের গঠন CH_3Cl এবং কস্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথাইল ক্লোরাইডের মিথাইল অংশের কোন পরিবর্তন হয় না ; কিন্তু ক্লোরিন পরমাণুটি হাইড্রক্সাইড মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে মিথাইল কোহল উৎপন্ন হয়।

$$CH_3Cl + NaOH \rightarrow CH_3OH + NaCl$$

(3) মিথাইল কোহলের হাইড্রক্সি মূলকের অবস্থিতি ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সঠিকভাবে নিরূপণ করা যায়। এই বিক্রিয়ায় মিথাইল ক্লোরাইড, ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$CH_3OH + PCl_5 \rightarrow CH_3Cl + POCl_3 + HCl$$

(4) মিথেন থেকে মিথানলের সংশ্লেষণের সাহায্যে এর গঠন নিরূপণ করা যায়।

$$H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-H \xrightarrow{Cl_2} H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-Cl \xrightarrow{AgOH} H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-OH$$

ইথাইল কোহল, ইথানল বা মিথাইল কার্বিনল $CH_3 \cdot CH_2OH$

ইথাইল কোহল মদের কার্যকরী পদার্থ এবং বহু প্রাচীনকাল থেকে লোকে সোমরস হিসেবে ব্যবহার করে আসছে। কোহলগুলির মধ্যে সবচেয়ে প্রয়োজনীয় হল এই কোহলটি এবং এটি সবচেয়ে প্রাচীন কাল থেকে জানা থাকায় এটিকে অনেক সময় শুধুমাত্র অ্যালকোহল বলা হয়।

পণ্যোৎপাদন পদ্ধতি

(1) ইক্ষু শর্করা, গ্লুকোজ বা অন্যান্য কার্বোহাইড্রেটের সন্ধান প্রক্রিয়া দ্বারা ঃ প্রাচীনকাল থেকে শর্করা দ্রবণ থেকে কোহল (সোমরস) প্রস্তুতির বিদ্যা লোকে জানত। প্রাচীনকালে কোহল প্রস্তুতির পদ্ধতি অতি সরল ছিল। কেবলমাত্র শর্করা দ্রবণ বা আঙ্গুরের রস বায়ুমণ্ডলে খোলা অবস্থায় কিছুকাল রেখে দেওয়া হত। এতে কিছু সময় পর ঐ দ্রবণ থেকে বুদবুদ বার হত এবং কয়েক ঘণ্টা বাদে মনে হত সমস্ত দ্রবণটি যেন ফুটছে। ফার্মেণ্টেশান (Fermentation) কথাটি গ্রীক শব্দ fervere মানে ফুটে ওঠা (to boil) থেকে এসেছে। এই সন্ধান-বিক্রিয়া (Fermentation) একপ্রকার এককোষী (Unicellular) উদ্ভিদ ঈস্ট দিয়ে সম্পাদিত হয়। অবশ্য ঈস্ট নিজে কিছু করে না, কিন্তু ঈস্টের কোষ প্রাচীর (Cell wall) সন্ধানবিক্রিয়ার জন্য দায়ী।

গুরুভার জৈব যৌগের অণুকে জীবাণু (Micro organism) দিয়ে ছোট ছোট অণুতে পরিণত করার পদ্ধতিকে আজকাল **সন্ধানবিক্রিয়া** বলে।

ফলের রস থেকে যে ইথাইল কোহল প্রস্তুত করা হয় তা অত্যন্ত দামী। কিন্তু পণ্যরূপে উৎপাদনে সস্তা কাঁচা মালের প্রয়োজন। ঝোলাগুড় ও শ্বেতসার এটি উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

ঝোলাগুড় (Molusses) থেকে ইথাইল কোহল উৎপাদন: ভারতে এবং অন্যান্য চিনি উৎপাদনকারী দেশে ঝোলাগুড় ইথাইল কোহল উৎপাদনে কাঁচামাল হিসেবে ব্যবহৃত হয়। ঘন আখের রস থেকে চিনিকে কেলাসিত করবার পর চট্‌চটে গাঢ় কালো রঙের যে তরল শেষদ্রব (Mother liquor) হিসেবে থাকে তাকে ঝোলাগুড় বা চিটে গুড় বলে। এই গুড়ে অনেক শর্করা থাকে যাকে সন্ধানবিক্রিয়া করা যায়। স্টীলের বা কাঠের বা এনামেল করা ট্যাঙ্কে (Tank) ঝোলাগুড়ের সন্ধানবিক্রিয়া করা হয়। ঝোলাগুড়ে প্রথমে জল মিশিয়ে শর্করার মাত্রা 10% করা হয়। এই দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিড মিশিয়ে আম্লিক করা হয়, যাতে অন্যান্য ক্ষতিকারক বীজাণু (Bacteria) বংশবৃদ্ধি করতে না পারে। আম্লিক দ্রবণে ঈস্ট কিন্তু বংশবৃদ্ধি করতে পারে। ঈস্টের বংশবৃদ্ধির জন্য ঐ দ্রবণে যদি ঈস্টের যথেষ্ট খাদ্য না থাকে তবে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও ফসফেট মিশিয়ে খাদ্যের ঘাটতি পূরণ করা হয়।

ঝোলাগুড়ের এই দ্রবণকে ট্যাঙ্কে নিয়ে 26°C-এ রেখে বিশেষভাবে প্রস্তুত ঈস্ট যোগ করা হয়। অল্প সময়ের মধ্যে সন্ধানবিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড বার হতে শুরু করে। কিছুক্ষণের মধ্যে মনে হয় সমস্ত দ্রবণটি যেন ফুটছে। উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে জলের মধ্যে পরিচালিত করে এটির সঙ্গে যে কোহলের বাষ্প থাকে তাকে দূর করা হয়। দ্রবণের তাপমাত্রা 36°C-এর উপর উঠতে দেওয়া হয় না। কারণ 15°C-এর কম এবং 40°C-এর বেশি তাপমাত্রায় ঈস্ট নিষ্ক্রিয় হয়ে যায়। মাঝে মাঝে দ্রবণের মধ্যে বায়ু পরিচালিত করে ঈস্টকে সতেজ ও সক্রিয় রাখা হয়। প্রায় তিনদিন ধরে এই বিক্রিয়া চলতে থাকে।

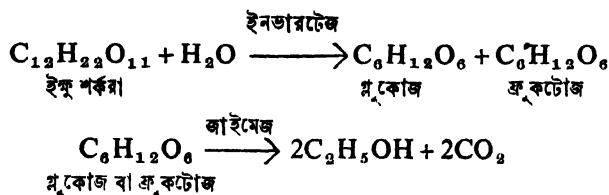
এই শর্করা দ্রবণে এবং উপযুক্ত পরিবেশে ঈস্ট দ্রুত বংশবৃদ্ধি করে এবং সন্ধানবিক্রিয়া ত্বরান্বিত করে। ঈস্ট নিজে সন্ধানবিক্রিয়া করে না, কিন্তু এর কোষপ্রাচীর (Cell wall) এই সন্ধানবিক্রিয়ার জন্য দায়ী। ঈস্টের কোষপ্রাচীরে একাধিক উৎসেচক (Enzyme) থাকে। এই উৎসেচকগুলি নাইট্রোজেন ঘটিত জটিল প্রোটিন বস্তু। প্রত্যেকটি উৎসেচকের কাজ সুনির্দিষ্ট এবং প্রত্যেকটি এক একটি বিশেষ ধরনের কাজের জন্যে দায়ী।

ইনভারটেজ (Invertase) নামে একপ্রকার উৎসেচক ইক্ষু শর্করাকে আর্দ্র বিশ্লেষণে গ্লুকোজ ও ফ্রুকটোজ অণুতে পরিণত করে। জাইমেজ নামে আর একরকম উৎসেচক গ্লুকোজ বা ফ্রুকটোজকে ইথাইল কোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে। ইনভারটেজ ও জাইমেজ ঈস্টের কোষপ্রাচীরে পাওয়া যায়।

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{ইনভারটেজ}} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

ইক্ষু শর্করা　　　　　　　গ্লুকোজ　　　ফ্রুকটোজ

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{জাইমেজ}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

গ্লুকোজ বা ফ্রুকটোজ

এইভাবে লঘু ইথাইল কোহলের (8-10%) জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয় এবং এই দ্রবণকে ওয়াশ (Wash) বলে।

শ্বেতসার (Starch) থেকে উৎপাদন : আলু, চাল, গম, যব, ভুট্টা প্রভৃতিতে প্রচুর পরিমাণে শ্বেতসার বর্তমান। শ্বেতসারের সরাসরি সন্ধানবিক্রিয়া করা যায় না। এই শ্বেতসারকে দ্রবণীয় শর্করায় পরিণত করে ঈস্টের দ্বারা সন্ধানবিক্রিয়া করান হয়।

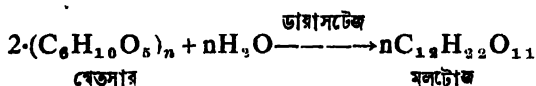
শ্বেতসারকে দ্রবণীয় শর্করায় পরিণত করাকে স্যাকারিফিকেশান (Sacharification) বা শর্করীয়ভবন বলে এবং এই স্যাকারিফিকেশান ডায়াসটেজ নামে একপ্রকার উৎসেচক দিয়ে হয়ে থাকে। ডায়াসটেজকে মল্ট (Malt) থেকে সংগ্রহ করা হয়।

যবকে 15°C-এ অন্ধকারে অংকুরিত করতে দেওয়া হয়। অংকুরিত আরম্ভ হলে যবের অংকুরোদম 60°C-এ উত্তপ্ত করে বন্ধ করা হয়। এই শুষ্ক ও অংকুরিত যবকে মল্ট (Malt) বলে। অংকুরিত যবের দানায় ডায়াসটেজ উৎপন্ন হয়।

শ্বেতসার সমৃদ্ধ শস্যদানা বা আলুকে উচ্চতাপ বাষ্প দিয়ে সিদ্ধ করা হয় এবং পরে সিদ্ধ করা শ্বেতসারকে আলাদা করে জল সহযোগে কলয়েড (Colloidal) দ্রবণে পরিণত করা হয়, যাকে ম্যাশ (Mash) বলে।

56°C-এ ম্যাশের সঙ্গে মল্ট গুড়ো মেশান হয়। মল্টে উপস্থিত ডায়াসটেজ শ্বেতসারের উপর বিক্রিয়ায় শ্বেতসারকে মলটোজে (Maltose) এবং কিছুটা ডেক্সট্রিনে পরিণত করে। মলটোজ জলে দ্রবণীয়।

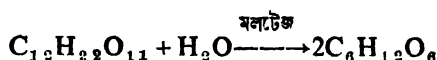
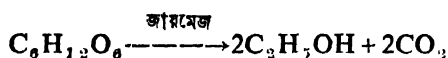
$$2\cdot(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{\text{ডায়াসটেজ}} nC_{12}H_{22}O_{11}$$

শ্বেতসার　　　　　　　　মলটোজ

ডায়াসটেজকে আধঘণ্টা ধরে কাজ করতে দেওয়া হয় এবং পরে উত্তপ্ত করে ধ্বংস করা হয়।

মলটোজের দ্রবণকে শীতল ও লঘু করে 15°C-এ ঈস্ট যোগ করা হয়। ঈস্টের কোষপ্রাচীরে অবস্থিত মলটেজ (Maltase) নামে একপ্রকার উৎসেচক মলটোজকে গ্লুকোজে পরিণত করে।

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{মলটেজ}} 2C_6H_{12}O_6$$

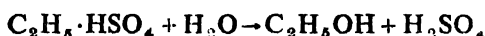
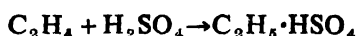
অতঃপর ঈস্টের জায়মেজ নামে উৎসেচক গ্লুকোজকে ইথাইল কোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে।

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{জায়মেজ}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

এইভাবে সন্ধানবিক্রিয়ায় প্রাপ্ত তরলে 4-8% ইথাইল কোহল থাকে, যাকে ওয়াশ বলে।

সন্ধানবিক্রিয়ায় ইথাইল কোহলের সঙ্গে কিছু গ্লিসারল, উচ্চ আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট কোহল (Fusel oil) এবং সাকসিনিক অ্যাসিডও উৎপন্ন হয়।

(2) **সেলুলোজ (Cellulose) থেকে ইথাইল কোহল :** কাঠের গুড়োকে (যাতে সেলুলোজ আছে) উচ্চ চাপে অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে গ্লুকোজে পরিণত করা হয়। পরে অ্যাসিডকে প্রশমিত করে ঈস্টের দ্বারা সন্ধান-বিক্রিয়ায় ইথাইল কোহল প্রস্তুত করা যায়।

(3) **ইথিলিন থেকে ইথাইল কোহল :** প্রাকৃতিক গ্যাস বা পেট্রো-লিয়াম শোধন থেকে প্রাপ্ত ইথিলিনকে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে শোষিত করালে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হবে। এই ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে ফোটালে, এটি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ইথাইল কোহল উৎপন্ন করে।

$$C_2H_4 + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5 \cdot HSO_4$$
$$C_2H_5 \cdot HSO_4 + H_2O \rightarrow C_2H_5OH + H_2SO_4$$

দ্রবণটি আংশিক পাতন করে ইথাইল কোহল প্রস্তুত করা যায়।

কোহলের লঘু জলীয় দ্রবণ (Wash) থেকে পাতন করে শোধিত কোহল (Rectified Spirit) প্রস্তুতি : ওয়াশকে আংশিক পাতন করে 95·6% ইথাইল কোহল প্রস্তুত করা যায়, যাকে শোধিত কোহল বলে। শোধিত কোহলে 4·4% জল থাকে যাকে পাতন করে দূর করা যায় না।

আজকাল কফি স্টীলে (Coffey Still) একবারে শোধিত কোহল প্রস্তুত করা হয়। কফি স্টীলে দুটি একপ্রকার স্তম্ভ (Tower) থাকে। একটিকে শোধন স্তম্ভ (Rectifier) অপরটিকে অ্যানালাইজার (Analyser) বলে। প্রত্যেকটি স্তম্ভে

বিন্দুপাতী নল, তাক (Selve) ও ভালব থাকে। ঠাণ্ডা ওয়াশকে শোধন স্তম্ভের গায়ে জড়ানো নলের মধ্য দিয়ে পাম্পের সাহায্যে পরিচালিত করে অ্যানালাইজারের শীর্ষদেশ দিয়ে ঢালা হয়। অ্যানালাইজারের নিচ দিয়ে জলীয় বাষ্প পরিচালিত করা হয়। জলীয় বাষ্প কোহলকে উদ্বায়ী করে এবং জলীয় বাষ্প ও কোহল বাষ্প একসঙ্গে অ্যানালাইজারের শীর্ষদেশে ওঠাবার কালে জলীয় বাষ্প বেশি তাড়াতাড়ি ঘনীভূত হয়ে যায়। অ্যানালাইজারের শীর্ষদেশ থেকে যে বাষ্প বার হয়ে আসে তাতে কোহলের বাষ্প এবং অল্প পরিমাণে জলীয় বাষ্প থাকে। এই বাষ্পমিশ্রণকে শোধন স্তম্ভের নিচ দিয়ে পরিচালিত করা হয়। জলীয় বাষ্প এবং ফিউসেল অয়েল (Fusel oil) শোধন স্তম্ভের উপরের দিকে ওঠবার সময় ঘনীভূত হয়ে শোধন স্তম্ভের তলায় সঞ্চিত হয় এবং শোধন স্তম্ভের শীর্ষদেশ থেকে যে বাষ্প বার হয় তাকে ঘনীভূত করলে শোধিত (Rectified) কোহল পাওয়া যায়।

নির্জল কোহল (Absolute alcohol) : 100% ইথাইল কোহলকে নির্জল কোহল বলে। শোধিত কোহলে যে 4·4% জল থাকে তাকে আংশিক পাতনে দূর করা যায় না। শোধিত কোহলের সংস্পর্শে পোড়াচুন (Quicklime) রেখে দিলে, পোড়াচুন শোধিত কোহলের জল শোষণ করে নেয়। পরে ঐ কোহলকে পাতিত করে নির্জল কোহল প্রস্তুত করা হয়।

শোধিত কোহলের সঙ্গে পরিমাণ মত বেনজিন যোগ করে পাতিত করলে 64·9°C-এ যে পাতিত বস্তু পাওয়া যায়, তাতে জল ও বেনজিন থাকে। 68·2°C-এ যে পাতিত বস্তু পাওয়া যায় তাতে বেনজিন ও কোহল থাকে এবং 78·3°C-এ কেবলমাত্র বিশুদ্ধ কোহল পাওয়া যায়। এভাবেও নির্জল কোহল প্রস্তুত করা যায়।

বিকৃত কোহল (Denatured alcohol) : গৃহস্থ এবং শিল্পে প্রচুর পরিমাণে ইথাইল কোহলের প্রয়োজন। আবার মদের কার্যকরী অংশ হলো ইথাইল কোহল। প্রতিদেশে মদের উপর প্রচুর শুল্ক ধার্য থাকে। গৃহস্থ ও শিল্পে ব্যবহৃত ইথাইল কোহলের উপর শুল্ক কম থাকে। তাই গৃহস্থ ও শিল্পে ব্যবহৃত ইথাইল কোহলকে পানের অযোগ্য করার জন্য এই কোহলের সঙ্গে পরিমাণ মত বিভিন্ন বিষাক্ত পদার্থ মেশানো হয়, যাদের ভৌত (Physical) উপায়ে আলাদা করা যায় না। এইরূপ পানের অযোগ্য ইথাইল কোহলকে বিকৃত কোহল এবং যার দ্বারা এই বিকৃত করা হয় তাকে বিকৃতকারক দ্রব্য (Denatured substance) বলে। বিকৃতকারক দ্রব্য হিসেবে ন্যাপথা, পিরিডিন, অশুদ্ধ রাবারের রস ও মিথাইল কোহল

ব্যবহার করা হয়। মিথাইল কোহলের দ্বারা বিকৃত ইথাইল কোহলকে মেথিলীকৃত কোহল (Methylated spirit) বলে। মেথিলীকৃত কোহল পানে প্রথমে অন্ধত্ব প্রাপ্ত হয় এবং অধিক পানে মৃত্যু হয়।

পাওয়ার কোহল (Power alcohol): পেট্রোলিয়াম ঘাটতির দেশে পেট্রোলের ব্যবহার কমাবার জন্য পেট্রোলের সঙ্গে নির্জল কোহল মিশিয়ে পেট্রোলের ইঞ্জিনে ব্যবহার করা হয়। এই তরল জ্বালানীকে পাওয়ার কোহল বলে।

পানীয় কোহল (Alcoholic beverage): প্রাচীনকাল থেকে বর্তমান-কাল পর্যন্ত বিভিন্ন দেশে বিভিন্ন মাত্রায় ইথাইল কোহল পানীয় হিসেবে ব্যবহৃত হয়ে আসছে। পানীয় কোহলকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—(ক) অপাতিত (Undistilled) পানীয় এবং (খ) পাতিত (Distilled) পানীয়।

অপাতিত পানীয়: ফলের রস যেমন আঙ্গুরের রস, শস্যদানা বা আলু থেকে সন্ধানপ্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত কোহলকে পাতিত না করে পান করা হয়। এতে সর্বাধিক 15% কোহল থাকতে পারে। এই কোহলকে সুরা বা মদ্য (Wine) বলে। অনেক সময় এই কোহলের কার্যকারিতা বাড়ানোর জন্য এই কোহলের সঙ্গে অতিরিক্ত কোহল মেশানো হয়, যাকে প্রবলীকৃত মদ্য (Fortified wine) বলে।

পাতিত পানীয়: সন্ধানপ্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত কোহলকে পাতিত করে, কোহলের মাত্রা 60% পর্যন্ত করা হয়। এই পাতিত কোহলের সঙ্গে নানাপ্রকার সুগন্ধি ও এস্টার মেশানো হয়। এই কোহলকে পাতিত পানীয় বলে।

পানীয় কোহলের ইথাইল কোহলের শতকরা মাত্রা

অপাতিত পানীয়			পাতিত পানীয়		
নাম	কোহলের শতকরা মাত্রা	উৎস	নাম	কোহলের শতকরা মাত্রা	উৎস
বিয়ার	3—5	যব	রাম	40	ঝোলাগুড়
সিডার	3—6	আনারস	জিন	40	ভুট্টা
ক্লারেট	7—12	আঙ্গুরের রস	হুইস্কি	50	মণ্ট
শ্যাম্পেন	8—10	আঙ্গুরের রস	ব্র্যাণ্ডি	50	আঙ্গুরের রস
পোর্ট	20	প্রবলীকৃত	কন্যাক	50	আঙ্গুরের রস
শেরী	16	প্রবলীকৃত			

কোহলমিতি (Alcoholometry) ঃ ইথাইল কোহল এবং এর থেকে উৎপাদিত ভোগ্যবস্তুর উপর শুল্ক ধার্য করার জন্য কোহলের মাত্রা নির্ণয় করা হয়। সাধারণত ইথাইল কোহলের দ্রবণের নমুনার আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity) নির্ণয় করা হয় এবং কি আপেক্ষিক গুরুত্ব হলে তাতে শতকরা কতভাগ কোহল থাকবে সেটি কোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব সারণী (Specific Gravity Table) থেকে ঠিক করা হয়। এইভাবে কোহলের শতকরা মাত্রা নির্ণয় করার পদ্ধতিকে কোহলমিতি বলে। কোহল দ্রবণের শুল্ক নির্দিষ্ট করার জন্য প্রমাণ কোহল (Proof spirit) নামে নির্দিষ্ট মাত্রার কোহলের জলীয় দ্রবণের পরিপ্রেক্ষিতে কোহলের মাত্রা নির্ণয় করা হয়। 51°F-এ যে ইথাইল কোহলের জলীয় দ্রবণের কোহল এবং জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 12/13 বা ওজন অনুপাতে 49·28% কোহল থাকে সেই ইথাইল কোহলকে প্রমাণ কোহল বলে।

বিশেষ ধরনের হাইড্রোমিটারের সাহায্যে সরাসরিভাবে কোহলের মাত্রা বা প্রমাণ কোহল থেকে কত ডিগ্রি বেশি বা কম তা নির্ণয় করা যায়। কোন দ্রবণ যদি 10° অধিক প্রমাণ হয় তার অর্থ 100 ভাগ কোহলে 110 ভাগ প্রমাণ কোহল আছে। সেইরূপ 10° কম প্রমাণ কোহল মানে 100 ভাগ কোহল দ্রবণে 90 ভাগ প্রমাণ কোহল আছে।

ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ ইথাইল কোহল বর্ণহীন, দাহ্য ও উদ্বায়ী এবং এটি মিষ্টি গন্ধযুক্ত ঝাঁঝালো তরল। স্ফুটনাঙ্ক 78·3°C। ইথাইল কোহল জলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয় এবং অন্যান্য জৈব দ্রাবকেও (Organic solvents) দ্রাব্য। ইথাইল কোহলের গলনাঙ্ক —114°C এবং 20°C-এ আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·789। ইথাইল কোহলের একটি সুন্দর গন্ধ আছে এবং কোহলটি উত্তেজক পানীয়। অধিক পানে মত্ততা সৃষ্টি করে। ইথাইল কোহলকে গলিত (Fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দিয়ে শুষ্ক করা যায় না, কারণ ইথাইল কোহল ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে $CaCl_2$, $6C_2H_5OH$ যৌগটি গঠন করে।

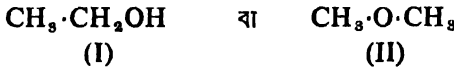
রাসায়নিক ধর্ম ঃ পূর্বে বর্ণিত কোহলের সকল রাসায়নিক ধর্ম ইথাইল কোহল দেখায়।

ব্যবহার ঃ (1) মদ উত্তেজক পানীয়, টনিক ও ওষুধ প্রস্তুত করতে, (2) তরল জ্বালানী হিসেবে, (3) পেট্রোলের পরিবর্তে মোটরের জ্বালানী হিসেবে,

(4) রেজিন ও অন্যান্য অনেক জৈব বস্তুর দ্রাবক হিসেবে, (5) ক্লোরাল, ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম, ইথাইল এস্টার, ইথিলিন, অ্যাসিট্যালডিহাইড তৈরি করার জন্য কাঁচামাল হিসেবে ইথাইল কোহল ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া ডাক্তারীর যন্ত্রপাতি বীজাণু মুক্ত করতে ইথাইল কোহল ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ: (1) ইথাইল কোহলের নমুনাকে আয়োডিন ও ক্ষারের সহিত উত্তপ্ত করলে হলুদ বর্ণের আয়োডোফর্ম পাওয়া যায়। (2) ইথাইল কোহলকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও বেনজোয়িক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে মিষ্টি গন্ধযুক্ত ইথাইল বেনজোয়েট প্রস্তুত হয়। (3) ইথাইল কোহলকে পটাশিয়াম ডাই-ক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটালডিহাইডের গন্ধ বার হয় এবং অ্যাসিট্যালডিহাইডের উপস্থিতি টলেনের বিকারকের (Tollen's reagent) বিজারণ দিয়ে সনাক্ত করা হয়।

ইথাইল কোহলের গঠন: বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে দেখা যায় যে, ইথাইল কোহলের আণবিক সংকেত C_2H_6O। কার্বনের চার, অক্সিজেনের দুই এবং হাইড্রোজেনের এক যোজ্যতা ধরলে, দুটি আণবিক গঠন হতে পারে। যেমন

$$CH_3\cdot CH_2OH \quad \text{বা} \quad CH_3\cdot O\cdot CH_3$$
(I) (II)

(1) ইথানলের কেবলমাত্র একটি হাইড্রোজেন সোডিয়াম বা পটাশিয়াম দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা যায়। এই বিক্রিয়া দ্বারা বোঝা যায় যে, ইথানলের একটি হাইড্রোজেন অপর পাঁচটি হাইড্রোজেন থেকে আলাদা। I নং গঠনের একটি হাইড্রোজেন অপর পাঁচটির থেকে আলাদা, কিন্তু II নং গঠনের ছটি হাইড্রোজেনই সমতুল্য (equivalent)।

(2) ইথানলকে PCl_5 দিয়ে বিক্রিয়া করালে ইথানলের একটি অক্সিজেন পরমাণু ও একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর পরিবর্তে একটি ক্লোরিন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয়ে ইথাইল ক্লোরাইড গঠন করে।

(3) ইথাইল ক্লোরাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে ইথানল পাওয়া যায়।

(4) নিম্নলিখিত সংশ্লেষণে ইথানল প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_3\cdot CH_3 \xrightarrow{Cl_2} CH_3\cdot CH_2Cl \xrightarrow{NaOH} CH_3CH_2OH$$

উপরোক্ত বিক্রিয়াগুলি দিয়ে এইটাই প্রমাণিত হয় যে, ইথানলের গঠন হবে I নং গঠনের মত।

মিথাইল কোহল ও ইথাইল কোহলের মধ্যে পার্থক্য

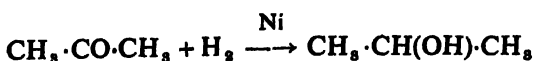
পরীক্ষা	মিথাইল কোহল	ইথাইল কোহল
(1) I_2 ও NaOH দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে	বিক্রিয়া করবে না	আয়োডোফর্মের গন্ধ পাওয়া যাবে
(2) স্যালিস্যালিক ও H_2SO_4 অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে	কদমফুলের মত গন্ধ বার হবে	কোন বৈশিষ্ট্যপূর্ণ পরিবর্তন হয় না
(3) লাল তপ্ত তামার তার প্রবেশ করালে	ফরম্যালডিহাইডের গন্ধ বার হয়	অ্যাসিট্যালডিহাইডের গন্ধ বার হয়
(4) ডাইক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে জারণে	ফরমিক অ্যাসিডের গন্ধ পাওয়া যায়, যাকে প্রশমিত করে $AgNO_3$ যোগ করে, উত্তপ্ত করলে Ag-এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় ।	অ্যাসিটালডিহাইডের গন্ধ বার হয়, যা শিফের বিকারকের রং পুনঃ প্রাপ্তি ঘটায় ।

প্রোপাইল কোহল C_3H_7OH : এটির দুটি সমসংকেত হয় এবং দুটিই জানা আছে। **n প্রোপাইল কোহল, প্রোপেন 1 অল** বা **1 প্রোপানল** $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH$ এই কোহলটিকে ফিউসেল অয়েল (Fusel oil) থেকে প্রথম পাওয়া যায়। তাছাড়া কার্বন মনোক্সাইডের সঙ্গে হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় কোহলটি প্রস্তুত করা যায়। প্রোপারজাইল কোহলকে নিকেলের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত করে n প্রোপাইল কোহল প্রস্তুত করা যায়।

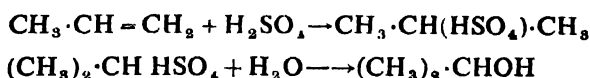
$$CH \equiv C \cdot CH_2OH + 2H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3 \cdot CH_2CH_2OH$$

n প্রোপাইল কোহলটি বর্ণহীন তরল। জল ও অন্যান্য জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। স্ফুটনাঙ্ক 97 4°C। দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

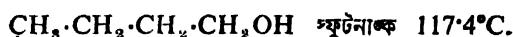
আইসোপ্রোপাইল কোহল বা **2 প্রোপানল** $CH_3 \cdot CH(OH) \cdot CH_3$: অধিক চাপে নিকেলের উপস্থিতিতে অ্যাসিটোনকে হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত করলে 2 প্রোপানল পাওয়া যায়।

$$CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3 \cdot CH(OH) \cdot CH_3$$

পেট্রোলিয়াম শিল্পে প্রাপ্ত প্রোপিলিনকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করালে আইসোপ্রোপাইল হাইড্রোজেন সালফেট পাওয়া যায়, যাকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে আইসোপ্রোপাইল কোহল পাওয়া যায়।

$$CH_3 \cdot CH = CH_2 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3 \cdot CH(HSO_4) \cdot CH_3$$

$$(CH_3)_2 \cdot CH\ HSO_4 + H_2O \longrightarrow (CH_3)_2 \cdot CHOH$$

আইসোপ্রোপাইল কোহল বর্ণহীন তরল। জলে যে কোন অনুপাতে দ্রাব্য এবং ইথার, ইথানলেও দ্রাব্য। স্ফুটনাঙ্ক 82·4°C। অ্যাসিটোন, কিটিন (Ketene), এস্টার প্রস্তুতিতে এবং দ্রাবক হিসেবে কোহলটি ব্যবহৃত হয়।

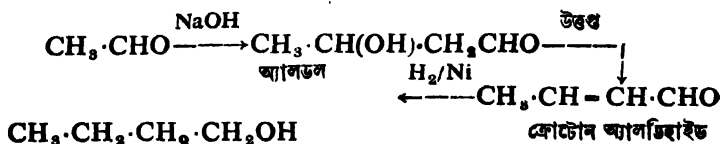
বিউটাইল কোহল C_4H_9OH, এর চারটি সমসংকেত হয় এবং প্রত্যেকটির সমসংকেত জানা আছে।

(1) n বিউটাইল কোহল বা 1 বিউটানল
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH$ স্ফুটনাঙ্ক 117·4°C.

(2) আইসোবিউটাইল কোহল বা 2 মিথাইল 1 প্রোপানল
$(CH_3)_2 \cdot CH \cdot CH_2OH$ স্ফুটনাঙ্ক 108°C.

(3) দ্বিতীয়ক বিউটাইল কোহল বা 2 বিউটানল
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH(OH) \cdot CH_3$ স্ফুটনাঙ্ক 100°C.

(4) তৃতীয়ক বিউটাইল কোহল বা 2 মিথাইল প্রোপেন 2 অল
$(CH_3)_3 \cdot COH$ স্ফুটনাঙ্ক 83°C.

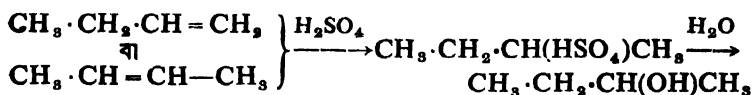
n বিউটাইল কোহলকে অ্যাসিটালডিহাইড থেকে প্রস্তুত করা যায়

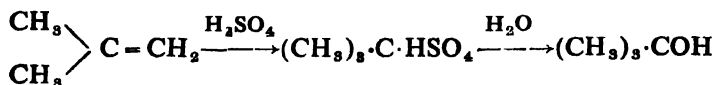
$$CH_3 \cdot CHO \xrightarrow{NaOH} \underset{\text{অ্যালডল}}{CH_3 \cdot CH(OH) \cdot CH_2CHO} \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত}} \underset{\text{ক্রোটোন অ্যালডিহাইড}}{CH_3 \cdot CH = CH \cdot CHO} \xrightarrow{H_2/Ni} CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH$$

n বিউটাইল কোহল দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

আইসোবিউটাইল কোহলকে উপজাত (By product) হিসেবে মিথানল (কার্বন মনোক্সাইড থেকে) প্রস্তুতকালে পাওয়া যায়।

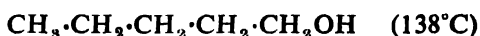
দ্বিতীয়ক বিউটাইল কোহলকে 1 বিউটিন বা 2 বিউটিনের সঙ্গে সালফিউরিক

অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত হাইড্রোজেন সালফেটকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে পাওয়া যায়।

$$\left.\begin{array}{l} CH_3\cdot CH_2\cdot CH=CH_2 \\ \text{বা} \\ CH_3\cdot CH=CH-CH_3 \end{array}\right\} \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3\cdot CH_2\cdot CH(HSO_4)CH_3 \xrightarrow{H_2O} CH_3\cdot CH_2\cdot CH(OH)CH_3$$

বিউটানোন, এস্টার প্রস্তুতিতে এবং দ্রাবক হিসেবে দ্বিতীয়ক কোহল ব্যবহৃত হয়।
তৃতীয়ক বিউটাইল কোহল আইসোবিউটিন থেকে প্রস্তুত করা যায়।

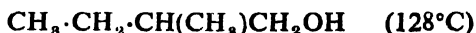
$$\begin{array}{l} CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}\!\!\!\!\!\Big> C=CH_2 \xrightarrow{H_2SO_4} (CH_3)_3\cdot C\cdot HSO_4 \xrightarrow{H_2O} (CH_3)_3\cdot COH$$

অ্যামাইল কোহল $C_5H_{11}OH$-এর আটটি সমসংকেত হয় এবং প্রত্যেকটি জানা আছে। ব্র্যাকেটে স্ফুটনাঙ্ক দেওয়া হল।

(i) n অ্যামাইল কোহল, 1 পেণ্টানল

$CH_3\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot CH_2OH$ (138°C)

(ii) আইসো অ্যামাইল কোহল, 3 মিথাইল 1 বিউটানল

$(CH_3)_2\cdot CH\cdot CH_2CH_2OH$ (130°C)

(iii) সক্রিয় অ্যামাইল কোহল, 2 মিথানল 1 বিউটানল

$CH_3\cdot CH_2\cdot CH(CH_3)CH_2OH$ (128°C)

(iv) নিওপেণ্টাইল কোহল, 2 : 2 ডাইমিথাইল 1 প্রোপানল

$(CH_3)_3\cdot C\cdot CH_2OH$ (113°C)

(v) মিথাইল n প্রোপাইল কার্বিনল, 2 পেণ্টানল

$CH_3\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot CH(OH)\cdot CH_3$ (120°C)

(vi) ডাই-ইথাইল কার্বিনল, 3 পেণ্টানল

$CH_3\cdot CH_2\cdot CH(OH)\cdot CH_2\cdot CH_3$ (117°C)

(vii) মিথাইল আইসোপ্রোপাইল কার্বিনল, 3 মিথাইল 2 বিউটানল

$(CH_3)_2CH\cdot CH(OH)\cdot CH_3$ (114°C)

(viii) তৃতীয়ক অ্যামাইল কোহল, 2 মিথাইল 2 বিউটানল, ইথাইল ডাই-মিথাইল কার্বিনল $(CH_3)_2\cdot C(OH)\cdot CH_2\cdot CH_3$ (102° C)

অ্যামাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুতিতে অ্যামাইল কোহলগুলি ব্যবহৃত হয়, যারা ল্যাকারের (Lacquer) ভালো দ্রাবক।

প্রশ্নাবলী

1. কোহল কাদের বলে? এক-হাইড্রিক কোহলের শ্রেণীবিভাগ কর। কোহলের নামকরণ কি কি ভাবে করা হয়?

2. নামকরণ কর:—

   (i) $CH_3 \cdot CH_2CH(OH) \cdot CH_3$. (ii) $(CH_3)_3COH$.
   (iii) $(CH_3)_2CH \cdot CH_2OH$ (iv) $(CH_3)_3 \cdot C \cdot CH_2OH$.

3. $C_5H_{11}OH$ সংকেতবিশিষ্ট সমাবয়ব কোহলের নাম ও গঠন সংকেত লেখ।

4. প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক কোহলকে কিভাবে সনাক্ত করা হয়? প্রাথমিক কোহলকে কিভাবে দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক কোহলে পরিণত করা যায়?

5. n প্রোপাইল কোহলকে ইথাইল কোহলে এবং ইথাইল কোহলকে n প্রোপাইল কোহলে কিভাবে পরিণত করা যায়?

6. কি শর্তে ইথানলের সঙ্গে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি বিক্রিয়া করবে? সমীকরণ সহ লেখ:

   (i) Na (ii) HBr (iii) Br_2/লাল P (iv) PCl_5
   (v) RCOOH (vi) H_2SO_4 (vii) ব্লিচিং পাউডার
   (viii) $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ (ix) HCl.

7. পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড থেকে কিভাবে বিশুদ্ধ মিথানল প্রস্তুত করা যায়? মিথানল কি কাজে ব্যবহৃত হয়? একে কিভাবে সনাক্ত করা হয়?

8. চিটেগুড় থেকে কিভাবে ইথানল প্রস্তুত করা হয়? শোধিত কোহল এবং নির্জল কোহল কি?

9. টীকা লেখ:

   (i) সন্ধানবিক্রিয়া (ii) লঘু জলীয় দ্রবণ থেকে শোধিত কোহল প্রস্তুতি
   (iii) বিকৃত কোহল (iv) পানীয় কোহল (v) কোহলমিতি
   (vi) প্রমাণ কোহল।

10. মিথানল ও ইথানলের মধ্যে তুলনা কর।

১০

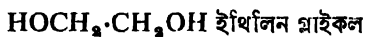
বহু বা পলিহাইড্রিক কোহল
Polyhydric Alcohols

গ্লাইকল বা ডাই-হাইড্রিক কোহল
(Glycols or Dihydric Alcohols)

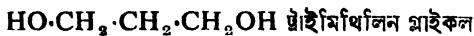
দুটি হাইড্রক্সি মূলক বিশিষ্ট কোহলকে ডাই-হাইড্রিক কোহল বা গ্লাইকল বলে। এই শ্রেণীর সদস্যগুলি মিষ্টি স্বাদযুক্ত বলে গ্রীক শব্দ Glykus মানে sweet থেকে এদের নামকরণ হয়েছে গ্লাইকল। কার্বন শৃঙ্খলে হাইড্রক্সিল মূলকের অবস্থান অনুসারে এদের 1, 2 বা α, 1, 3 বা β, 1, 4 বা γ ইত্যাদি অ্যালকেন ডাইঅল (diol) বলে।

নামকরণ : α-গ্লাইকলকে সমসংখ্যক কার্বন বিশিষ্ট অলিফিনের (যার থেকে α-গ্লাইকল প্রস্তুত হয়) নাম থেকে করা হয়। যেমন

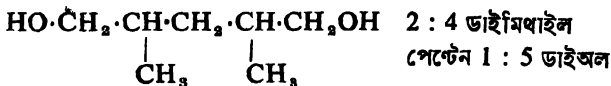
$HOCH_2{\cdot}CH_2OH$ ইথিলিন গ্লাইকল

$CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}CH_2OH$ প্রোপিলিন গ্লাইকল

প্রান্তিক কার্বন পরমাণু দুটিতে হাইড্রক্সি মূলক যুক্ত থাকলে সেই গ্লাইকলদের পলিমিথিলিন গ্লাইকল (Polymethylene glycols) বলে।

$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH$ ট্রাইমিথিলিন গ্লাইকল

$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH$ টেট্রামিথিলিন গ্লাইকল

IUPAC পদ্ধতিতে গ্লাইকলগুলিকে অ্যালকেন ডাইঅল বলে এবং হাইড্রক্সিল মূলক ও অ্যালকাইল মূলকের অবস্থান সংখ্যা দ্বারা সূচীত করা হয়।

$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH$ প্রোপেন 1 : 3 ডাইঅল

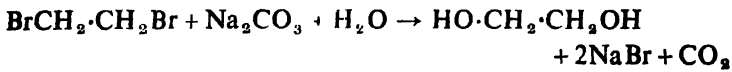
$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH(CH_3){\cdot}CH_2{\cdot}CH(CH_3){\cdot}CH_2OH$ 2 : 4 ডাইমিথাইল পেন্টেন 1 : 5 ডাইঅল

মেথিলিন গ্লাইকল (Methylene Glycol) $CH_2(OH)_2$ **:** দুটি হাইক্সিল মূলক একই কার্বন পরমাণুতে যুক্ত বলে বিশুদ্ধ মিথিলিন গ্লাইকল খুবই অস্থায়ী যৌগ এবং বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। কিন্তু ফরম্যালডিহাইডের জলীয় দ্রবণে মেথিলিন গ্লাইকলের অস্তিত্ব মেলে।

ইথিলিন গ্লাইকল, ইথেন 1.2 ডাইঅল $HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH$ (**স্ফুঃ 197°C**)**ঃ** এটি সরলতম গ্লাইকল এবং অধিক পরিচিত। ইথিলিন গ্লাইকলকে প্রায়শ শুধুমাত্র গ্লাইকল বলা হয়।

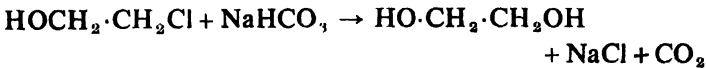
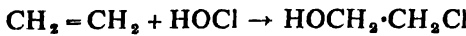
প্রস্তুতি ঃ 1. ঠাণ্ডা ও লঘু ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের মধ্যে ইথিলিন গ্যাস পরিচালিত করলে ইথিলিন গ্লাইকল প্রস্তুত হয়।

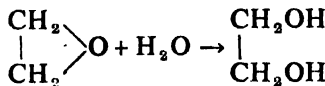
$$CH_2=CH_2+H_2O+O \rightarrow HOCH_2{\cdot}CH_2OH$$

2. ইথিলিন ব্রোমাইডকে সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে ফোটালে গ্লাইকল প্রস্তুত হয়।

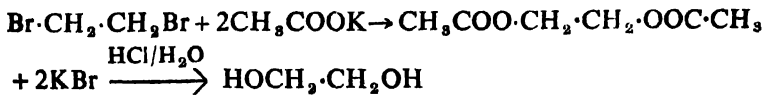
$$BrCH_2{\cdot}CH_2Br+Na_2CO_3+H_2O \rightarrow HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH + 2NaBr+CO_2$$

3. ইথিলিনের সঙ্গে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিনকে সোডিয়াম বাইকার্বনেট বা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় গ্লাইকল প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_2=CH_2+HOCl \rightarrow HOCH_2{\cdot}CH_2Cl$$

$$HOCH_2{\cdot}CH_2Cl+NaHCO_3 \rightarrow HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH + NaCl+CO_2$$

4. ইথিলিন অক্সাইডকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও চাপ সহযোগে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে গ্লাইকল প্রস্তুত করা হয়।

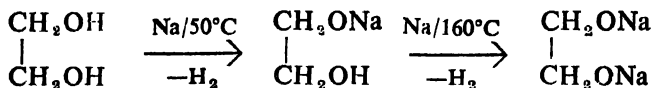
$$\begin{matrix}CH_2\\|\\CH_2\end{matrix}\!\!>O+H_2O \rightarrow \begin{matrix}CH_2OH\\|\\CH_2OH\end{matrix}$$

5. গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড ও পটাশিয়াম অ্যাসিটেটের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ডাই-অ্যাসিটেট এস্টারকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও মিথানল দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে গ্লাইকল প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়ায় সবচেয়ে ভালো ফল পাওয়া যায়।

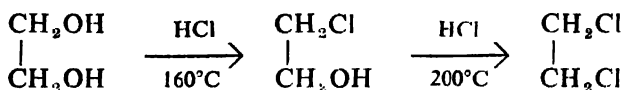
$$Br{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2Br+2CH_3COOK \rightarrow CH_3COO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}OOC{\cdot}CH_3 + 2KBr \xrightarrow{HCl/H_2O} HOCH_2{\cdot}CH_2OH$$

ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ ইথিলিন গ্লাইকল মিষ্টি স্বাদযুক্ত বর্ণহীন, সিরাপের ন্যায় তরল পদার্থ। জল, কোহলে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়। কিন্তু ইথারে অদ্রবণীয়। এটি বিষাক্ত পদার্থ।

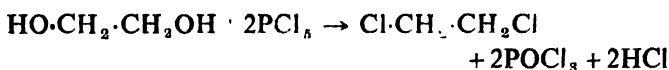
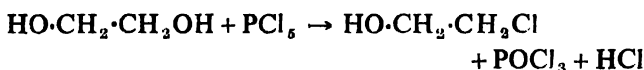
রাসায়নিক ধর্ম ঃ ইথিলিন গ্লাইকলে দুটি প্রাথমিক হাইড্রক্সিল মূলক থাকায় এটি প্রাথমিক কোহলের ন্যায় রাসায়নিক বিক্রিয়া করে।

1. গ্লাইকল সোডিয়ামের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে দুধাপে বিক্রিয়া করে মনো ও ডাই সোডিয়াম গ্লাইকোলেট উৎপন্ন করে।

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \xrightarrow[-H_2]{Na/50°C} \begin{matrix} CH_2ONa \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \xrightarrow[-H_2]{Na/160°C} \begin{matrix} CH_2ONa \\ | \\ CH_2ONa \end{matrix}$$

2. ইথিলিন গ্লাইকলকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে দুধাপে বিক্রিয়া করে ক্লোরোহাইড্রিন ও ইথিলিন ক্লোরাইড প্রস্তুত করে

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \xrightarrow[160°C]{HCl} \begin{matrix} CH_2Cl \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \xrightarrow[200°C]{HCl} \begin{matrix} CH_2Cl \\ | \\ CH_2Cl \end{matrix}$$

3. অনুরূপভাবে গ্লাইকল ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিন ও ইথিলিন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

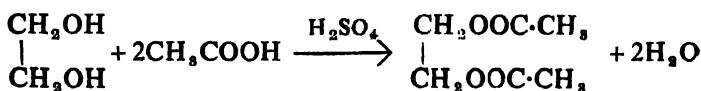
$$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH + PCl_5 \rightarrow HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2Cl + POCl_3 + HCl$$

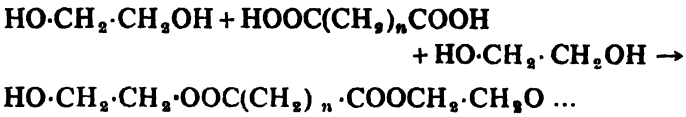
$$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH + 2PCl_5 \rightarrow Cl{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2Cl + 2POCl_3 + 2HCl$$

4. গ্লাইকল ফসফরাস ক্লোরাইড বা ব্রোমাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথিলিন হ্যালাইড উৎপন্ন করে। কিন্তু ফসকরাস আয়োডাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথিলিন উৎপন্ন হয়।

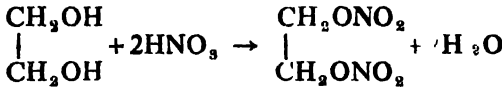
$$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH \xrightarrow{PX_3} XCH_2{\cdot}CH_2X \qquad X = Cl, Br$$

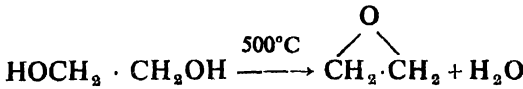
$$HO \cdot CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}OH \xrightarrow{PI_3} [I{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2I] \rightarrow CH_2 = CH_2 + I_2$$

5. ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের (প্রভাবক) উপস্থিতিতে গ্লাইকল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় গ্লাইকল ডাই অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে।

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + 2CH_3COOH \xrightarrow{H_2SO_4} \begin{matrix} CH_2OOC{\cdot}CH_3 \\ | \\ CH_2OOC{\cdot}CH_3 \end{matrix} + 2H_2O$$

কিন্তু দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় পলিমার উৎপন্ন হয়।

$$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH + HOOC(CH_2)_nCOOH + HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH \rightarrow$$
$$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}OOC(CH_2)_n{\cdot}COOCH_2{\cdot}CH_2O \ldots$$

6. গ্লাইকল নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথিলিন ডাই নাইট্রেট উৎপন্ন করে।

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + 2HNO_3 \rightarrow \begin{matrix} CH_2ONO_2 \\ | \\ CH_2ONO_2 \end{matrix} + H_2O$$

7. 500°C-এ গ্লাইকলকে উত্তপ্ত করলে ইথিলিন অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$HOCH_2 \cdot CH_2OH \xrightarrow{500°C} \overset{O}{CH_2{\cdot}CH_2} + H_2O$$

8. গ্লাইকলকে নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করলে নানান যোগ পাওয়া যায়।

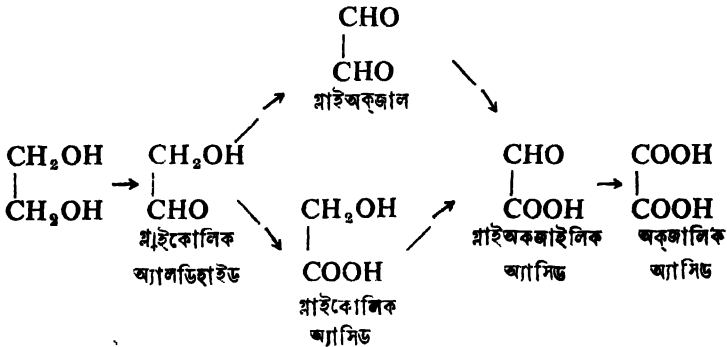
$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CHO \end{matrix}$$

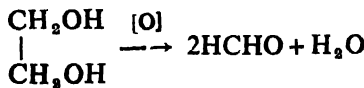
গ্লাইকোলিক অ্যালডিহাইড

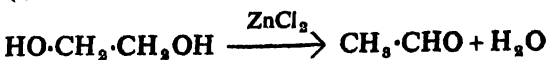
গ্লাইকোলিক অ্যালডিহাইড $\nearrow$ $\begin{matrix} CHO \\ | \\ CHO \end{matrix}$ (গ্লাইঅক্জাল) $\searrow$ $\begin{matrix} CHO \\ | \\ COOH \end{matrix}$ (গ্লাইঅক্জাইলিক অ্যাসিড)

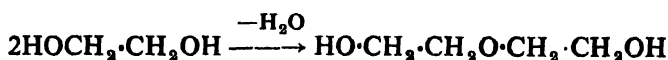
গ্লাইকোলিক অ্যালডিহাইড $\searrow$ $\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ COOH \end{matrix}$ (গ্লাইকোলিক অ্যাসিড) $\nearrow$ $\begin{matrix} CHO \\ | \\ COOH \end{matrix}$ (গ্লাইঅক্জাইলিক অ্যাসিড)

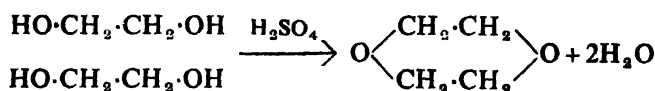
$$\begin{matrix} CHO \\ | \\ COOH \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}$$

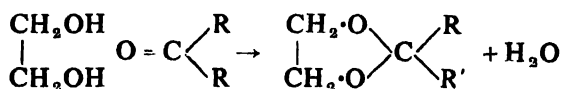
অক্জালিক অ্যাসিড

কিন্তু গ্লাইকলকে লেড টেট্রাঅ্যাসিটেট বা পারআয়োডিক (HIO_4) অ্যাসিড দিয়ে জারিত করলে গ্লাইকলের কার্বন কার্বন যোজকটি বিভাজিত হয়ে ফরম্যালডিহাইডে পরিণত হয়।

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \xrightarrow{[O]} 2HCHO + H_2O$$

9. অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড দিয়ে গ্লাইকলকে উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

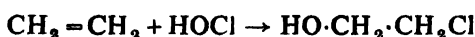
$$HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH \xrightarrow{ZnCl_2} CH_3{\cdot}CHO + H_2O$$

কিন্তু ফসফোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ডাইইথিলিন গ্লাইকল পাওয়া যায়। এটি খুব ভালো দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

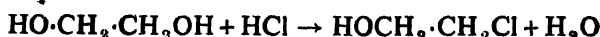
$$2HOCH_2\cdot CH_2OH \xrightarrow{-H_2O} HO\cdot CH_2\cdot CH_2O\cdot CH_2\cdot CH_2OH$$

ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাইঅক্সেন (dioxen) (অত্যন্ত ভালো দ্রাবক) উৎপন্ন হয়।

$$\begin{matrix} HO\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot OH \\ HO\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot OH \end{matrix} \xrightarrow{H_2SO_4} O\left\langle \begin{matrix} CH_2\cdot CH_2 \\ CH_2\cdot CH_2 \end{matrix} \right\rangle O + 2H_2O$$

10. অ্যাসিডের উপস্থিতিতে গ্লাইকল অ্যালডিহাইড বা কিটোনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে চক্রাকার অ্যাসিটাল ও কিটাল (Ketal) উৎপন্ন করে।

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \quad O=C\left\langle \begin{matrix} R \\ R \end{matrix} \right. \rightarrow \begin{matrix} CH_2\cdot O \\ | \\ CH_2\cdot O \end{matrix} \Big\rangle C \Big\langle \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix} \quad + H_2O$$

ব্যবহারঃ গ্লাইকল শিল্পে দ্রাবক হিসেবে বাবহৃত হয়। তা ছাড়া ইথিলিন অক্সাইড, ক্লোরোহাইড্রিন, গ্লাইঅক্জ্যাল, ডাইঅক্সেন, পলিইথিলিন গ্লাইকল প্রভৃতি জৈব যৌগ প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়। গ্লাইকল হিমায়ন রোধক পদার্থ হিসেবে জলের সঙ্গে ব্যবহার করা হয়। সংরক্ষক হিসেবেও ব্যবহৃত হয়।

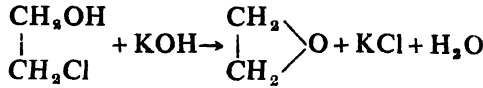
ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিন (স্ফুঃ 129°)ঃ (1) ইথিলিনের সঙ্গে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা হয়।

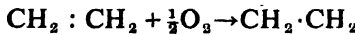
$$CH_2=CH_2+HOCl \rightarrow HO\cdot CH_2\cdot CH_2Cl$$

(2) 160°C-এ গ্লাইকলের উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিন প্রস্তুত করা যায়।

$$HO\cdot CH_2\cdot CH_2OH+HCl \rightarrow HOCH_2\cdot CH_2Cl+H_2O$$

ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিন বর্ণহীন তরল পদার্থ। জলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়। জৈব যৌগের সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।

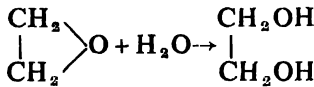
ইথিলিন অক্সাইড, এপক্সি (Epoxy) ইথেন $CH_2\cdot CH_2$ (with O bridging) ঃ চক্রাকার ইথারের উদাহরণ এবং অ্যাসিটালডিহাইডের সঙ্গে সমাবয়বী।

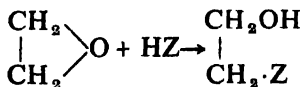
প্রস্তুতি ঃ (1) ঘন কস্টিক পটাশ দ্রবণের সঙ্গে ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিনকে পাতিত করলে ইথিলিন অক্সাইড পাওয়া যায়।

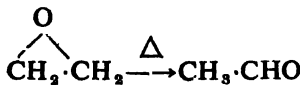
$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2Cl \end{matrix} + KOH \rightarrow \begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix}\!\!>\!O + KCl + H_2O$$

(2) 200° – 400°C-এ রূপো অনুঘটকের উপর দিয়ে ইথিলিন ও অক্সিজেন মিশ্রণ প্রবাহিত করলে ইথিলিন অক্সাইড উৎপন্ন হয়। শিল্পোৎপাদনে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

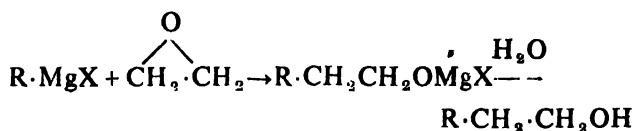
$$CH_2 : CH_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow \overset{O}{CH_2 \cdot CH_2}$$

ইথিলিন অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক 10·7°C। জল, কোহল, ইথারে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (1) জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথিলিন অক্সাইড গ্লাইকলে পরিণত হয়। অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বিক্রিয়াটি তাড়াতাড়ি সম্পন্ন হয়।

$$\begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix}\!\!>\!O + H_2O \rightarrow \begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}$$

(2) H – Z ধরনের যৌগের সঙ্গে ইথিলিন অক্সাইডের বিক্রিয়া $HO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot Z$ যৌগ প্রস্তুত করে। যেমন জল (HOH), কোহল (H—OR), হাইড্রোসায়ানিক (H—CN), হাইড্রোক্লোরিক (HCl), হাইড্রোব্রোমিক (HBr) অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া ($H—NH_2$) ইত্যাদি ধরনের যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া করে নানান প্রকার জৈব যৌগ প্রস্তুত করে।

$$\begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix}\!\!>\!O + HZ \rightarrow \begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2 \cdot Z \end{matrix}$$

(3) উত্তপ্ত করলে ইথিলিন অক্সাইড অ্যাসিটালডিহাইড যৌগে পরিণত হয়।

$$\overset{O}{CH_2 \cdot CH_2} \xrightarrow{\Delta} CH_3 \cdot CHO$$

(4) অ্যালকাইল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইডের (গ্রিগনার্ড বিকারক) সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রাথমিক কোহল উৎপন্ন হয়।

$$R\cdot MgX + \overset{O}{\overbrace{CH_2\cdot CH_2}} \rightarrow R\cdot CH_2CH_2OMgX \xrightarrow{H_2O} R\cdot CH_2\cdot CH_2OH$$

ব্যবহার ঃ নানান জৈব যৌগের সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।

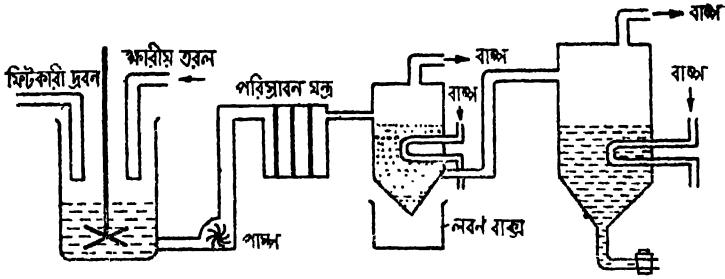
ট্রাইহাইড্রিক কোহল (Trihydric Alcohol)

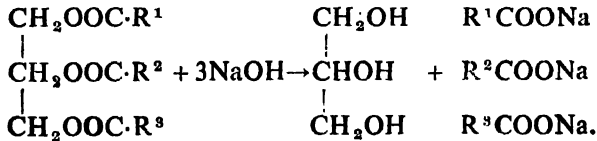
গ্লিসারল বা 1, 2, 3 **ট্রাইহাইড্রিক প্রোপেন ঃ** গ্লিসারল হল সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ট্রাইহাইড্রিক কোহল। প্রায় সব রকম প্রাণিজ ও উদ্ভিজ্জ চর্বি ও তেলে গ্লিসারল পামিটিক (Palmitic), স্টিয়ারিক (Stearic), ওলেইক (Oleic) অ্যাসিডের গ্লিসারাইড এস্টার হিসেবে বর্তমান। বাদাম, সরষে, নারকেল তেলে, মাখনে, গরু ও শুয়োরের চর্বিতে ও মাছের তেলে ইত্যাদিতে গ্লিসারাইড এস্টার আছে।

প্রস্তুতি ঃ গ্লিসারাইড এস্টারকে কস্টিক সোডা বা পটাশ দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে গ্লিসারল এবং উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাশিয়াম লবণ পাওয়া যায়। উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম পটাশিয়াম লবণকে সাবান (Soap) বলে। আর তার জন্য গ্লিসারাইড এস্টারকে কস্টিক ক্ষারের সাহায্যে আর্দ্র বিশ্লেষণ প্রক্রিয়াকে সাবানীভবন' (Saponification) বলে। সাবান শিল্পে গ্লিসারলকে উপজাত হিসেবে পাওয়া যায়। এছাড়া মোমবাতি শিল্পে প্রয়োজনীয় স্টিয়ারিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ও গ্লিসারল উপজাত হিসেবে পাওয়া যায়।

(1) **সাবান শিল্পে পরিত্যক্ত উগ্র ক্ষারীয় তরল** (Soap lye) **থেকে ঃ** চর্বিকে কস্টিক ক্ষারের (Alkali) সঙ্গে ফোটালে উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাশিয়াম লবণ (যাকে সাবান বলে) ও গ্লিসারল উৎপন্ন হয়। সাবান কঠিনাকার প্রাপ্ত হয় এবং অবশিষ্ট তরলকে সাবানের উগ্রক্ষারীয় তরল বা সোপ লাই (Soap lye) বলে। এই ক্ষারীয় তরলে অতিরিক্ত ক্ষার, উৎপন্ন গ্লিসারল (5-6%) এবং প্রচুর সোডিয়াম ক্লোরাইড, অল্প ফ্যাটি অ্যাসিড এবং কিছু পরিমাণে সাবান দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। কঠিনাকার সাবানকে আলাদা করার পর ক্ষারীয় তরলকে একটি পাত্রে নিয়ে ফিটকারীর দ্রবণ যোগ করা হয়। ফলে তরলে বর্তমান মুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড ও সাবান (বা Na, K-এর লবণ) অ্যালুমিনিয়াম লবণ হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ফিল্টার প্রেসে পরিস্রুত করে অ্যালুমিনিয়াম লবণকে আলাদা করে অবশিষ্ট তরলকে একটি প্যানে (Pan) নিয়ে বাষ্প দিয়ে কম চাপে ফুটিয়ে ঘনীভূত

করা হয়। ঘনীভূত হওয়ার ফলে অতিরিক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হয়ে পড়ে এবং প্যানের তলা থেকে তা বার করে নেওয়া হয়। এতে তরলে গ্লিসারলের পরিমাণ প্রায় 80% হয়। এই তরলকে সক্রিয় কাঠকয়লা (Activated charcoal)

চিত্র :9

বা অস্থি অঙ্গার (Bone char) দিয়ে বিরঞ্জিত করে কম চাপে অত্যুষ্ণ (Super heated) বাষ্প দিয়ে বা পাতন করে 98% বিশুদ্ধ বর্ণহীন গ্লিসারল প্রস্তুত করা হয়। সাধারণ চাপে পাতনে গ্লিসারল বিশ্লেষিত হয়ে পড়ে।

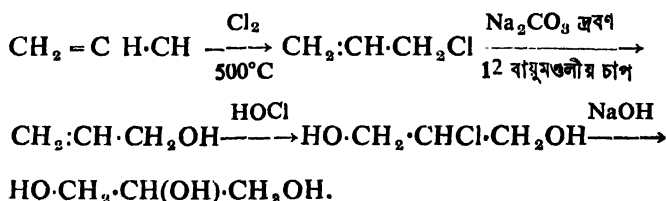
$$\begin{array}{lll} CH_2OOC{\cdot}R^1 & CH_2OH & R^1COONa \\ | & | & \\ CH_2OOC{\cdot}R^2 + 3NaOH \rightarrow & CHOH & + R^2COONa \\ | & | & \\ CH_2OOC{\cdot}R^3 & CH_2OH & R^3COONa. \end{array}$$

(2) **মোমবাতি শিল্প থেকে** : বাতি শিল্পে মোমের সঙ্গে স্টিয়ারিক অ্যাসিড মেশাতে হয়। এই স্টিয়ারিক অ্যাসিডকে পাওয়ার জন্য চর্বিকে সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে উচ্চ চাপে জলীয় বাষ্প দিয়ে উত্তপ্ত করে আর্দ্র বিশ্লেষিত করা হয়। এতে অদ্রাব্য স্টিয়ারিক অ্যাসিড ও গ্লিসারল উৎপন্ন হয়। স্টিয়ারিক অ্যাসিডকে অপসারণের (পরিস্রাবণের দ্বারা) পর যে তরল পাওয়া যায় তাকে 'মিষ্টিজল' (Sweet water) বলে। এতে গ্লিসারল থাকে। তরলটিকে প্রশমিত করে আগের পদ্ধতিতে গ্লিসারল উদ্ধার করা হয়।

(3) **প্রোপিলিন থেকে** : 480°—500°C-এ এবং দ্বিগুণ বায়ুচাপে ক্লোরিনের সঙ্গে প্রোপিলিনের বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপিত যৌগ অ্যাল্লাইল (Allyl) ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। 12 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 150°C-এ অ্যাল্লাইল ক্লোরাইড আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অ্যাল্লাইল কোহলে পরিণত হয়। অ্যাল্লাইল কোহল হাইপোক্লোরাস

অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় গ্লিসারল β ক্লোরোহাইড্রিন উৎপন্ন হয়। যাকে কস্টিক সোডা দিয়ে আদ্র' বিশ্লেষিত করলে গ্লিসারল উৎপন্ন হয়।

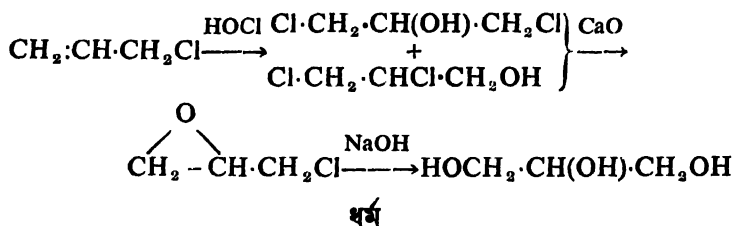
$$CH_2=CH \cdot CH \xrightarrow[500°C]{Cl_2} CH_2:CH \cdot CH_2Cl \xrightarrow[\text{12 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}]{Na_2CO_3 \text{ দ্রবণ}}$$

$$CH_2:CH \cdot CH_2OH \xrightarrow{HOCl} HO \cdot CH_2 \cdot CHCl \cdot CH_2OH \xrightarrow{NaOH}$$

$$HO \cdot CH_2 \cdot CH(OH) \cdot CH_2OH.$$

অ্যাল্লাইল ক্লোরাইড থেকে অন্যভাবেও গ্লিসারল পাওয়া যেতে পারে। অ্যাল্লাইল ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্লিসারল $\alpha\gamma$ ও $\alpha\beta$ ডাই-ক্লোরোহাইড্রিন পোড়াচুনের (CaO) সঙ্গে বিক্রিয়ায় এপিক্লোরোহাইড্রিন উৎপন্ন হয়। যাকে কস্টিক সোডা দিয়ে আদ্র' বিশ্লেষিত করলে গ্লিসারল পাওয়া যায়।

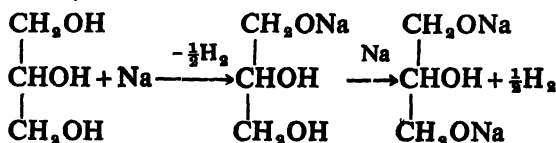
$$CH_2:CH \cdot CH_2Cl \xrightarrow{HOCl} \left.\begin{matrix} Cl \cdot CH_2 \cdot CH(OH) \cdot CH_2Cl \\ + \\ Cl \cdot CH_2 \cdot CHCl \cdot CH_2OH \end{matrix}\right\} \xrightarrow{CaO}$$

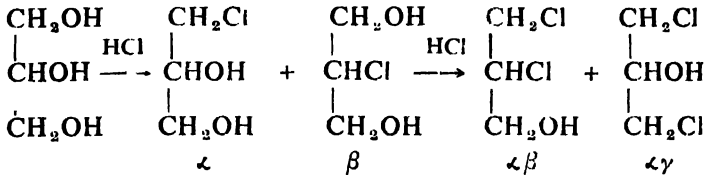
$$\overset{O}{\overbrace{CH_2 - CH}} \cdot CH_2Cl \xrightarrow{NaOH} HOCH_2 \cdot CH(OH) \cdot CH_2OH$$

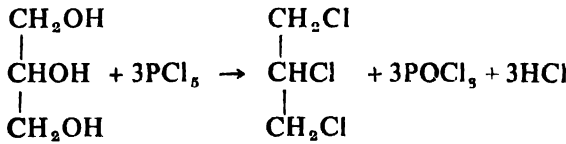
ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ গ্লিসারল বর্ণহীন, গন্ধহীন, মিষ্টিস্বাদযুক্ত সিরাপী তরল। জল এবং কোহলে দ্রাব্য। কিন্তু ইথারে অদ্রাব্য। স্ফুটনাঙ্ক 290°C। স্ফুটনাঙ্কে গ্লিসারল অল্প বিযোজিত হয়। শীতলীকরণে গ্লিসারল বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিনে পরিণত হয়। যার গলনাঙ্ক 17°C। গ্লিসারল জলাকর্ষী পদার্থ।

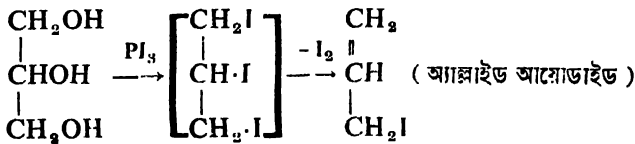
রাসায়নিক ধর্ম ঃ গ্লিসারল অণুতে দুটি প্রাথমিক বা α হাইড্রক্সিল মূলক এবং একটি দ্বিতীয়ক বা β হাইড্রক্সিল মূলক বর্তমান। এই দুপ্রকার হাইড্রক্সিল মূলকের দ্বারা সংঘটিত বিক্রিয়া গ্লিসারলে দেখতে পাওয়া যায়।

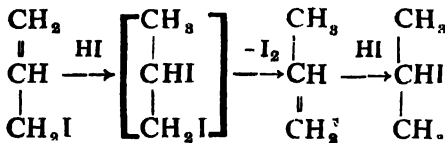
(1) সাধারণ তাপমাত্রায় গ্লিসারলের একটি α হাইড্রক্সিল মূলক সহজেই সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মনোসোডিয়াম গ্লিসারোলেট এবং উত্তপ্ত করলে দুটি α হাইড্রক্সিল মূলক সোডিয়ামেয় সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাইসোডিয়াম গ্লিসারোলেট উৎপন্ন করে। কিন্তু β হাইড্রক্সিল মূলক সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + Na \xrightarrow{-\frac{1}{2}H_2} \begin{matrix} CH_2ONa \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \xrightarrow{Na} \begin{matrix} CH_2ONa \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2ONa \end{matrix} + \frac{1}{2}H_2$$

(2) (i) 110°C-এ গ্লিসারল ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় গ্লিসারল α ও β ক্লোরোহাইড্রিন উৎপন্ন হয়। অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া গ্লিসারল $\alpha\gamma$ ও $\alpha\beta$ ডাইক্লোরোহাইড্রিন উৎপন্ন হয়।

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \xrightarrow{HCl} \underset{\alpha}{\begin{matrix} CH_2Cl \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}} + \underset{\beta}{\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CHCl \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}} \xrightarrow{HCl} \underset{\alpha\beta}{\begin{matrix} CH_2Cl \\ | \\ CHCl \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}} + \underset{\alpha\gamma}{\begin{matrix} CH_2Cl \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2Cl \end{matrix}}$$

(ii) গ্লিসারল ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 1, 2, 3 ট্রাইক্লোরো প্রোপেন উৎপন্ন করে।

$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + 3PCl_5 \rightarrow \begin{matrix} CH_2Cl \\ | \\ CHCl \\ | \\ CH_2Cl \end{matrix} + 3POCl_3 + 3HCl$$

(3) গ্লিসারল অল্প পরিমাণ হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড বা ফসফরাস আয়োডাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাল্লাইল অ্যায়োডাইড উৎপন্ন করে।

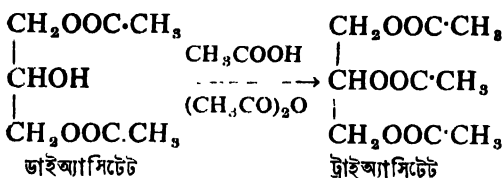
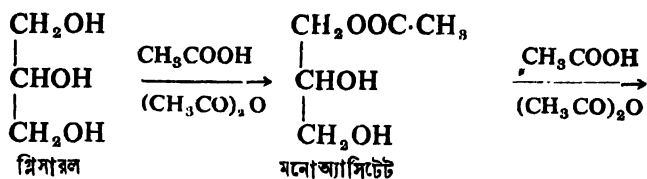
$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \xrightarrow{PI_3} \left[\begin{matrix} CH_2I \\ | \\ CH\cdot I \\ | \\ CH_2\cdot I \end{matrix}\right] \xrightarrow{-I_2} \begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH \\ | \\ CH_2I \end{matrix} \text{ (অ্যাল্লাইড আয়োডাইড)}$$

কিন্তু অতিরিক্ত হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড বা ফসফরাস আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় আইসোপ্রোপাইল আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। (মার্কোনিকফ নিয়ম অনুযায়ী)

$$\begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH \\ | \\ CH_2I \end{matrix} \xrightarrow{HI} \left[\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CHI \\ | \\ CH_2I \end{matrix}\right] \xrightarrow{-I_2} \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH \\ \| \\ CH_2 \end{matrix} \xrightarrow{HI} \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CHI \\ | \\ CH_3 \end{matrix}$$

(4) গ্লিসারল ফ্যাটি অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মনো, ডাই ও ট্রাই এস্টার গঠন করে। যেমন গ্লিসারল গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় যথাক্রমে গ্লিসারাইল মনো, ডাই ও ট্রাই অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে।

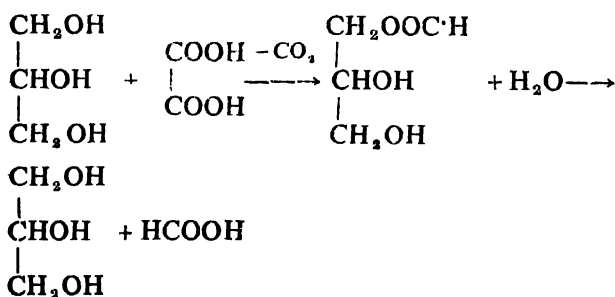
$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow[(CH_3CO)_2O]{CH_3COOH} \begin{array}{l} CH_2OOC\cdot CH_3 \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow[(CH_3CO)_2O]{CH_3COOH}$$

গ্লিসারল মনোঅ্যাসিটেট

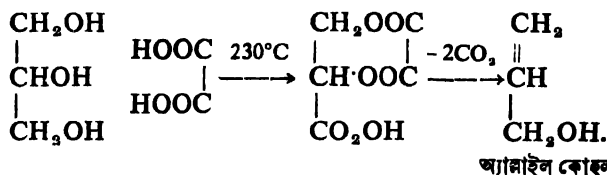
$$\begin{array}{l} CH_2OOC\cdot CH_3 \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OOC.CH_3 \end{array} \xrightarrow[(CH_3CO)_2O]{CH_3COOH} \begin{array}{l} CH_2OOC\cdot CH_3 \\ | \\ CHOOC\cdot CH_3 \\ | \\ CH_2OOC\cdot CH_3 \end{array}$$

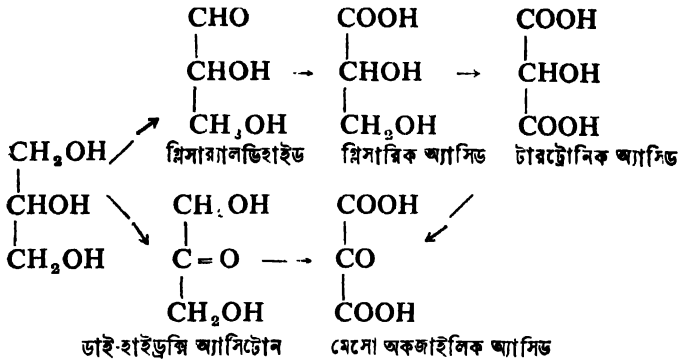
ডাইঅ্যাসিটেট ট্রাইঅ্যাসিটেট

(5) 110°C-এ গ্লিসারল ও অকজালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় গ্লিসারাইল মনোফরমেট উৎপন্ন হয়, যা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

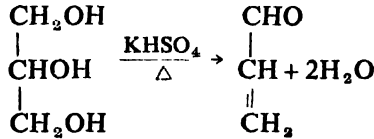
$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} + \begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} \xrightarrow{-CO_2} \begin{array}{l} CH_2OOC\cdot H \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} + H_2O \longrightarrow$$

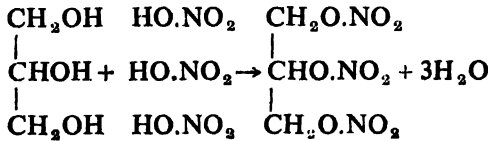
$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} + HCOOH$$

কিন্তু 230°C-এ গ্লিসারল অকজালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় গ্লিসারল ডাই-অকজালেট উৎপন্ন হয়, যা ভেঙ্গে গিয়ে অ্যাল্লাইল কোহল উৎপন্ন করে।

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \begin{array}{l} HOOC \\ | \\ HOOC \end{array} \xrightarrow{230°C} \begin{array}{l} CH_2OOC \\ | \qquad\quad | \\ CH\cdot OOC \\ | \\ CO_2OH \end{array} \xrightarrow{-2CO_2} \begin{array}{l} CH_2 \\ \| \\ CH \\ | \\ CH_2OH. \end{array}$$

অ্যাল্লাইল কোহল

(6) গ্লিসারলকে জারিত করলে নানা প্রকার যৌগ পাওয়া যায় এবং জারক দ্রব্যের প্রকৃতির উপর উৎপন্ন যৌগ নির্ভরশীল। যেমন ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড গ্লিসারলকে জারিত করে গ্লিসারিক অ্যাসিড এবং লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহারে গ্লিসারিক অ্যাসিড ও টারট্রোনিক অ্যাসিডে জারিত করে। ব্রোমিন জল, ফেনটন বিকারক (Fenton's reagent) ব্যবহারে গ্লিসার‍্যালডিহাইড ও ডাইহাইড্রক্সি অ্যাসিটোনে জারিত করে এবং বিসমাথ নাইট্রেট গ্লিসারলকে মেসো অকজালিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

$$
\begin{array}{lllll}
 & & CHO & COOH & COOH \\
 & & | & | & | \\
 & & CHOH \rightarrow & CHOH \rightarrow & CHOH \\
 & & | & | & | \\
 & \nearrow & CH_2OH & CH_2OH & COOH \\
CH_2OH \diagup & & \text{গ্লিসার‍্যালডিহাইড} & \text{গ্লিসারিক অ্যাসিড} & \text{টারট্রোনিক অ্যাসিড} \\
| & & & & \\
CHOH \diagdown & & CH_2OH & COOH \diagup & \\
| & \searrow & | & | \swarrow & \\
CH_2OH & & C=O \longrightarrow & CO & \\
 & & | & | & \\
 & & CH_2OH & COOH & \\
 & & \text{ডাই-হাইড্রক্সি অ্যাসিটোন} & \text{মেসো অকজাইলিক অ্যাসিড} &
\end{array}
$$

7. কঠিন পটাশিয়াম বাই-সালফেটের সঙ্গে গ্লিসারলকে উত্তপ্ত করলে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে গ্লিসারল অ্যাক্রালডিহাইড বা অ্যাক্রোলিনে পরিণত হয়।

$$
\begin{array}{l}
CH_2OH \\
| \\
CHOH \\
| \\
CH_2OH
\end{array}
\xrightarrow[\Delta]{KHSO_4}
\begin{array}{l}
CHO \\
| \\
CH + 2H_2O \\
\| \\
CH_2
\end{array}
$$

8. শীতল ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণে খুব সরু ধারায় গ্লিসারল যোগ করে নাইট্রোগ্লিসারিন প্রস্তুত (শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি) করা হয়।

$$
\begin{array}{l}
CH_2OH \\
| \\
CHOH \\
| \\
CH_2OH
\end{array}
+
\begin{array}{l}
HO.NO_2 \\
\\
HO.NO_2 \\
\\
HO.NO_2
\end{array}
\rightarrow
\begin{array}{l}
CH_2O.NO_2 \\
| \\
CHO.NO_2 \\
| \\
CH_2O.NO_2
\end{array}
+ 3H_2O
$$

নাইট্রোগ্লিসারিন আসলে গ্লিসারাইল ট্রাইনাইট্রেট অর্থাৎ নাইট্রোযোগ, এস্টার নয়।

নাইট্রোগ্লিসারিন মিষ্টি স্বাদযুক্ত বিষাক্ত, বর্ণহীন তেলের মত তরল পদার্থ। জলে অদ্রাব্য। আগুন সংযোগে নাইট্রোগ্লিসারিন নিঃশব্দে পুড়ে যায়। কিন্তু প্রবল শব্দে, ঝাঁকুনিতে বা তাড়াতাড়ি পুড়লে বা বিস্ফোরকের প্রভাবে নাইট্রোগ্লিসারিনের বিস্ফোরণ ঘটে।

$$4C_3H_5O_3(NO_2)_3 \rightarrow 12CO_2 + 6N_2 + 10H_2O + O_2$$

তাই নাইট্রোগ্লিসারিনকে স্থানান্তরে একটা সমস্যা ছিল। অ্যালফ্রেড নোবেল লক্ষ্য করেন যে, কিসেলগুর (Kieselguhr) নামে সচ্ছিদ্র এক বিশেষ ধরনের মাটিতে নাইট্রোগ্লিসারিনকে বিশোষিত করালে আঘাতে বা ঝাঁকুনিতে নাইট্রোগ্লিসারিনের বিস্ফোরণ ঘটে না। ফলে নাইট্রোগ্লিসারিনের স্থানান্তরে আর কোন অসুবিধা রইলো না। কিসেলগুরে শোষিত নাইট্রোগ্লিসারিনকে ডিনামাইট (Dynamite) বলে।

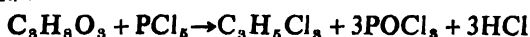
বিভিন্ন প্রকার ডিনামাইটে নাইট্রোগ্লিসারিনের পরিমাণ বিভিন্ন হয়। এছাড়া ডিনামাইটে নাইট্রোসেলুলোজ, সালফার, সোডিয়াম নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ইত্যাদি থাকে। আজকাল শোষক (Absorbent) হিসেবে কাঠের গুড়ো ব্যবহার করা হয়। ব্লাসটিং জিলেটিনে (Blasting gelatin) নাইট্রোগ্লিসারিনের সঙ্গে নাইট্রোসেলুলোজ বা গান কটন (Gun cotton) থাকে। ধোয়াহীন বারুদে নাইট্রো-গ্লিসারিনের সঙ্গে গান কটন ও ভেসলিন (Vaselin) থাকে।

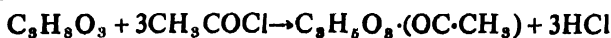
পাহাড়ের উপর রাস্তা, বাঁধ বা সুড়ঙ্গ করতে বা খনির কাজে পাহাড় বা মাটিকে স্থানচ্যুত করার প্রয়োজনে ডিনামাইট ব্যবহার করা হয়।

ব্যবহার : গ্লিসারল নাইট্রোগ্লিসারিন, অ্যাল্লাইল কোহল, অ্যাক্রোলিন, গ্লিসারিন সাবান ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া জল ব্যতীত অন্যান্য পানীয়কে মিষ্টি স্বাদ করতে, তামাকের ও অন্যান্য খাদ্যদ্রব্যের জলীয় অংশ রক্ষার জন্য এবং ওষুধ শিল্পে গ্লিসারল ব্যবহৃত হয়। শীতপ্রধান দেশে মোটরের রেডিয়েটরের জলে গ্লিসারল হিমায়ন রোধক হিসেবে কাজ করে।

গঠন : (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, গ্লিসারলের আণবিক গুরুত্ব $C_3H_8O_3$।

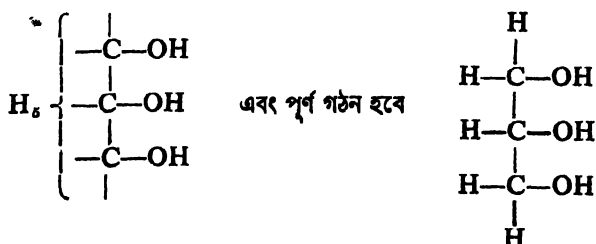
(2) গ্লিসারল ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ট্রাইক্লোরোপ্রোপেন উৎপন্ন করে।

$$C_3H_8O_3 + PCl_5 \rightarrow C_3H_5Cl_3 + 3POCl_3 + 3HCl$$

(3) গ্লিসারল অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় গ্লিসারাইল ট্রাই-অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে।

$$C_3H_8O_3 + 3CH_3COCl \rightarrow C_3H_5O_3\cdot(OC\cdot CH_3) + 3HCl$$

(2) এবং (3) বিক্রিয়ায় এটা স্পষ্ট যে, গ্লিসারলের অণুতে তিনটি হাইড্রক্সিল মূলক আছে এবং সেহেতু গ্লিসারল স্থায়ী যৌগ, অতএব গ্লিসারলের কোন কার্বন পরমাণুতে একাধিক হাইড্রক্সিল মূলক নেই। সুতরাং গ্লিসারলের আংশিক গঠন হবে,

$$H_5\left\{\begin{array}{l} | \\ -C-OH \\ | \\ -C-OH \\ | \\ -C-OH \\ | \end{array}\right.$$

এবং পূর্ণ গঠন হবে

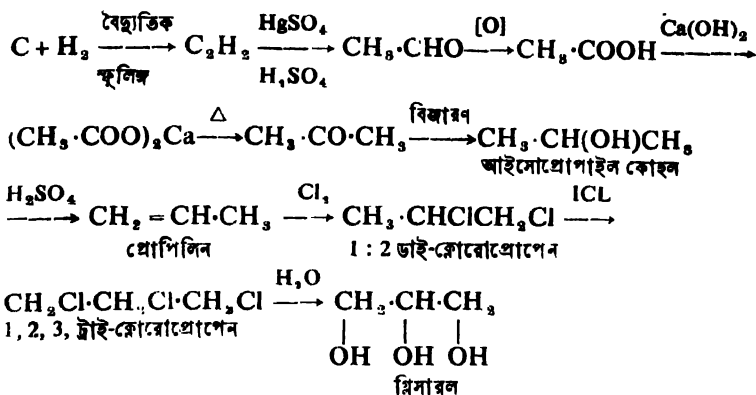
$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H \end{array}$$

[কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যোজ্যতা যথাক্রমে 4, 1 এবং 2]

গ্লিসারলের উপরোক্ত গঠন সংশ্লেষণ দ্বারা সমর্থন করা যায়।

$$C + H_2 \xrightarrow[\text{স্ফুলিঙ্গ}]{\text{বৈদ্যুতিক}} C_2H_2 \xrightarrow[H_2SO_4]{HgSO_4} CH_3{\cdot}CHO \xrightarrow{[O]} CH_3{\cdot}COOH \xrightarrow{Ca(OH)_2}$$

$$(CH_3{\cdot}COO)_2Ca \xrightarrow{\Delta} CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 \xrightarrow{\text{বিজারণ}} CH_3{\cdot}CH(OH)CH_3$$
আইসোপ্রোপাইল কোহল

$$\xrightarrow{H_2SO_4} CH_2 = CH{\cdot}CH_3 \xrightarrow{Cl_2} CH_3{\cdot}CHClCH_2Cl \xrightarrow{ICL}$$
প্রোপিলিন — 1 : 2 ডাই-ক্লোরোপ্রোপেন

$$CH_2Cl{\cdot}CH_2Cl{\cdot}CH_2Cl \xrightarrow{H_2O} \underset{OH}{CH_2}{\cdot}\underset{OH}{CH}{\cdot}\underset{OH}{CH_2}$$
1, 2, 3, ট্রাই-ক্লোরোপ্রোপেন — গ্লিসারল

সনাক্তকরণ : (1) বোরাক্সের জলীয় দ্রবণে ফিনপথেলিন যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ বেগুনী হয়। এই বেগুনী রঙের দ্রবণে গ্লিসারল যোগ করলে দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে পড়ে, কিন্তু গরম করলে পুনরায় বেগুনী বর্ণ ফিরে আসে। (2) গ্লিসারলকে কঠিন পটাশিয়াম বাইসালফেট মিশিয়ে গরম করলে অ্যাক্রোলিনের গন্ধ পাওয়া যায় এবং উৎপন্ন (অ্যাক্রোলিন) গ্যাসকে জলের মধ্যে পরিচালিত করে তাতে অ্যামোনিয়া-যুক্ত সিলভার নাইট্রেট যোগ করে গরম করলে সিলভার নাইট্রেট বিজারিত হয়ে ধাতব সিলভারে পরিণত হয়।

অথবা অ্যাক্রোলিনযুক্ত জলীয় দ্রবণে শিফের বিকারক যোগ করে ঝাঁকালে শিফের বিকারকের বর্ণের পুনঃপ্রাপ্তি ঘটায়।

1. গ্লাইকল কাকে বলে? কি শর্তে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি ইথিলিন গ্লাইকলের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে? সমীকরণসহ বিবৃত কর।
   (i) Na (ii) HCl (iii) PCl_5 (iv) CH_3COOH
   (v) HIO_4 (vi) H_2SO_4
2. সংশ্লেষণ কর: (i) ইথিলিন গ্লাইকল (ii) ইথিলিন অক্সাইড (iii) ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিন (iv) গ্লিসারল (v) নাইট্রোগ্লিসারিন

3. ইথিলিন অক্সাইডের সঙ্গে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির বিক্রিয়ায় কি উৎপন্ন হবে? সমীকরণ সহ বিবৃত কর—(i) H_2O (ii) HBr (iii) NH_3 (iv) RMgX
4. গ্লিসারলের উৎস কি কি? সোপ লাই থেকে কিভাবে বিশুদ্ধ গ্লিসারল প্রস্তুত করা হয়? গ্লিসারলের ব্যবহার কি কি?
5. গ্লিসারলের গঠন নিরূপণ কর। কার্বন ও হাইড্রোজেন থেকে গ্লিসারল সংশ্লেষণ কর। গ্লিসারলকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়?
6. কি শর্তে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি গ্লিসারলের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে?
(i) $KHSO_4$ (ii) HNO_3/H_2SO_4 (iii) অক্‌জালিক অ্যাসিড (iv) HI (v) Na (vi) HCl.
7. ডিনামাইট কি?

১১

ইথার সমূহ
Ethers

একটি অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে দুটি অ্যালকাইল বা অ্যারাইল (Aryl) মূলক যুক্ত থাকলে সেই R—O—R' যৌগদের ইথার বলে। অথবা দুই অণু কোহল (বা ফিনল) থেকে এক অণু জল বিযুক্ত হয়ে যে যৌগ উৎপন্ন করে তাকে ইথার বলে। ইথারকে অ্যালকাইল অক্সাইড বা কোহলের (ফিনলের) অ্যানহাইড্রাইড বলে ধরা যেতে পারে।

R—O—R' R এবং R' অ্যালকাইল বা অ্যারাইল মূলক।

যে ইথারের দুটি অ্যালকাইল (অ্যারাইল) মূলক অভিন্ন অর্থাৎ $R = R'$, সেই ইথারকে সরল ইথার (Simple ether) এবং যে ইথারে $R \neq R'$ তাকে মিশ্র ইথার (Mix ether) বলে। যেমন, $C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5$ সরল ইথার এবং $CH_3 \cdot O \cdot C_2H_5$ মিশ্র ইথার।

নামকরণ : সাধারণ পদ্ধতিতে ইথারের নামকরণে ঐ ইথারে যে অ্যালকাইল মূলক বর্তমান তাদের নামের শেষে ইথার যোগ করে করা হয়। সরল ইথারের ক্ষেত্রে অ্যালকাইল মূলকের নামের আগে ডাই উল্লেখ করা যেতে পারে, আবার নাও যেতে পারে। যেমন,

$CH_3 \cdot O \cdot CH_3$ মিথাইল ইথার বা ডাই-মিথাইল ইথার

$CH_3 \cdot O \cdot C_2H_5$ মিথাইল ইথাইল ইথার।

$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2O \cdot CH(CH_3)_2$ প্রোপাইল আইসোপ্রোপাইল ইথার

ক্ষুদ্রতর আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন অ্যালকাইল মূলকের নাম আগে সাধারণত করা হয় এবং অভিন্ন আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন অ্যালকাইল মূলকের ক্ষেত্রে সরলতর অ্যালকাইল মূলকের নাম আগে করা হয়।

IUPAC পদ্ধতিতে সরল ইথারের নামাকরণ আগের পদ্ধতি অনুসারে করা হয়। কিন্তু মিশ্র ইথারকে অ্যালকেনের (Alkane) অ্যালকক্সি (Alkoxy) জাতক হিসেবে নামকরণ করা হয়। এক্ষেত্রে বৃহত্তর অ্যালকাইল মূলককে অ্যালকেন হিসেবে ধরা হয়।

$CH_3 \cdot O \cdot CH_3$ মিথাইল ইথার বা মিথক্সিমিথেন

$CH_3OC_2H_5$ মিথক্সি ইথেন

$$\begin{array}{c} OC_2H_5 \\ | \\ CH_3 \cdot CH \cdot CH_3 \\ 1 \quad 2 \quad 3 \end{array}$$ 2 ইথক্সি প্রোপেন

$$\underset{1 \qquad\quad 2 \qquad 3}{C_2H_5 \cdot O \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3}$$ 1 ইথক্সি প্রোপেন।

সমাবয়বতা : $C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5$ (ইথাইল ইথার) এবং $CH_3O \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$ (মিথাইল n প্রোপাইল ইথার) সমাবয়বী যৌগ এবং উভয় যৌগে একই ক্রিয়াশীল মূলক (—O—) বর্তমান। এরূপ অভিন্ন ক্রিয়াশীল মূলক বিশিষ্ট সমাবয়বী যৌগের সমাবয়বতাকে মেটামেরিজম (Metamerism) বা বর্গ সমসংকেতকতা বা বর্গ সমাবয়বতা বলে। আবার C_2H_5OH (ইথানল) ও $CH_3O \cdot CH_3$ (মিথাইল ইথার) সমাবয়বী যৌগ। এক্ষেত্রে দুটি সমাবয়বী যৌগে বিভিন্ন ক্রিয়াশীল মূল বর্তমান এবং এরূপ সমাবয়বতাকে ক্রিয়াশীলমূলকঘটিত সমাবয়বতা (Functional isomerism) বলে।

প্রস্তুতি : (1) কোহলকে অতিরিক্ত পরিমাণ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা গ্লেসিয়াল ফসফোরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে এক অণু জল বিযুক্ত হয়ে ইথারে পরিণত হয়। এই পদ্ধতিতে প্রাথমিক কোহলের ক্ষেত্রে খুব ভালো ফল পাওয়া যায় এবং দ্বিতীয়ক কোহলের ক্ষেত্রে মোটামুটি ফল পাওয়া যায়। কিন্তু তৃতীয়ক কোহলের ক্ষেত্রে একেবারেই ইথার পাওয়া যায় না।

$$2ROH \xrightarrow[H_2SO_4]{\Delta} R_2O + H_2O$$

ক্রিয়াবিধি :

$$C_2H_5OH + \overset{+}{H} \longrightarrow \underset{\text{অক্সোনিয়াম আয়ন}}{C_2H_5\overset{+}{O}H_2} \longrightarrow \underset{\text{কার্বোনিয়াম আয়ন}}{C_2\overset{+}{H}_5} + H_2O.$$

$$CH_3 \cdot \overset{+}{C}H_2 : \underset{\substack{| \\ H}}{\ddot{O}}-C_2H_5 \rightarrow C_2H_5-\underset{\substack{| \\ H}}{\overset{+}{O}}-C_2H_5 \rightarrow C_2H_5-O-C_2H_5 + H^+$$
অক্সোনিয়াম আয়ন

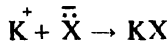
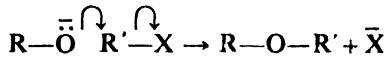
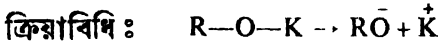
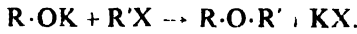
(2) **উইলিয়ামসনের পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম বা পটাশিয়াম

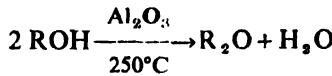
অ্যালকক্সাইডের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় মিশ্র ও সরল উভয় প্রকার ইথার প্রস্তুত করা যায়। এই পদ্ধতিতে ইথারের গঠন জানা যায়।

$$R{\cdot}OK + R'X \rightarrow R{\cdot}O{\cdot}R' + KX.$$

ক্রিয়াবিধি ঃ $R{-}O{-}K \rightarrow R\bar{O} + \overset{+}{K}$

$$R{-}\ddot{\bar{O}}\ \ R'{-}X \rightarrow R{-}O{-}R' + \bar{X}$$

$$\overset{+}{K} + \ddot{\bar{X}} \rightarrow KX$$

(3) উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়ে অধিক চাপে কোহলের বাষ্প পরিচালিত করে ইথার প্রস্তুত করা যায়।

$$2\,ROH \xrightarrow[250°C]{Al_2O_3} R_2O + H_2O$$

(4) সিলভার অক্সাইডের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় ইথার প্রস্তুত করা যায়।

$$2\,RX + Ag_2O \rightarrow R_2O + 2\,AgX.$$

ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ এই শ্রেণীর প্রথম দিকের সদস্যরা বায়বীয় বা উদ্বায়ী তরল। এদের বাষ্প অত্যন্ত জ্বলনশীল পদার্থ। এই শ্রেণীর সদস্যরা মিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন পদার্থ। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধিতে স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। সমসংখ্যক কার্বন-বিশিষ্ট কোহলের থেকে ইথারের স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক অনেক কম, কারণ ইথার অণু হাইড্রোজেন যোজক গঠন করে সংযুক্ত (associate) হতে পারে না।

সাধারণ বিক্রিয়া ঃ ইথারগুলি অ্যালকেনের মত নিষ্ক্রিয় যৌগ এবং অ্যালকেনের মত সোডিয়াম, ঠাণ্ডা অ্যাসিড, ক্ষার বা ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। কারণ ইথারের অণুতে কোন সক্রিয় মূলক নেই। ইথারগুলির মধ্যে ডাই-ইথাইল ইথারই সর্বাপেক্ষা প্রয়োজনীয় বস্তু এবং ডাই-ইথাইল ইথারের রাসায়নিক ধর্ম আলোচনার কালে ইথারের সাধারণ ধর্ম আলোচনা করা হবে।

ডাই-মিথাইল ইথার বা মিথাইল ইথার (CH_3OCH_3) **ঃ** 380°C-এ এবং 15 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে মিথানলের বাষ্প অ্যালুমিনিয়াম ফসফেটের (অনুঘটক) উপর পরিচালিত করে প্রচুর পরিমাণে মিথাইল ইথার প্রস্তুত করা হয়।

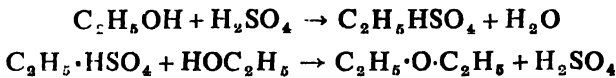
$$2\,CH_3OH \rightarrow CH_3{\cdot}O{\cdot}CH_3 + H_2O$$

বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ, স্ফুটনাঙ্ক $-23{\cdot}6°C$। হিমায়ক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

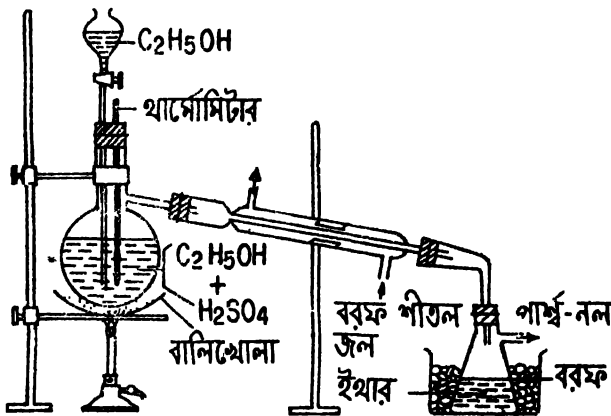
ডাই-ইথাইল ইথার বা ইথাইল ইথার (ইথার) : ইথাইলগুলির মধ্যে সবচেয়ে প্রয়োজনীয় ইথার। এজন্য ইথাইল ইথারকে শুধুই 'ইথার বলা হয়।

রসায়নাগার প্রস্তুতি : 140°C-এ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অতিরিক্ত কোহলের বিক্রিয়ায় (বিরামহীন এস্টারিফিকেশান পদ্ধতি) রসায়নাগারে ইথাইল ইথার প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়াটি দু ধাপে সংঘটিত হয়।

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5HSO_4 + H_2O$$

$$C_2H_5 \cdot HSO_4 + HOC_2H_5 \rightarrow C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5 + H_2SO_4$$

বিক্রিয়ার শেষে উৎপন্ন সালফিউরিক অ্যাসিড পুনরায় ইথানলকে ইথারে পরিণত করতে পারে। সুতরাং অতি অল্প পরিমাণ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড তত্ত্বীয় মতে অসীম পরিমাণ কোহলকে ইথারে পরিণত করতে পারে বলে এই পদ্ধতিটি বিরামহীন এস্টারিফিকেশান পদ্ধতি বলে। কিন্তু কোহলের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে জল উৎপন্ন হয় তা সালফিউরিক অ্যাসিডকে লঘু অ্যাসিডে পরিণত করে এবং উত্তাপে সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় বলে কিছুক্ষণ বাদে বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে যায়।

পার্শ্বনলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে সমায়তন ইথানল ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড নেওয়া হয়। একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও থার্মোমিটার যুক্ত কর্কের সাহায্যে ফ্লাস্কের

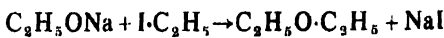
চিত্র 40

মুখটি বন্ধ করা থাকে। পার্শ্বনলটি একটি লিবিগ শীতক এবং শীতকের শেষ প্রান্তে অ্যাডপ্টার ও অ্যাডপ্টারের শেষে পার্শ্বনল যুক্ত গ্রাহক পাত্র আটকানো থাকে। গ্রাহক

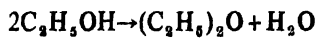
পাত্রের পার্শ্বনলটির সঙ্গে একটি রাবারের নল যুক্ত থাকে, যা অঘনীভূত জ্বলনশীল ইথার বাষ্পকে অপবাহিকায় (Link) নিয়ে যায়। গ্রাহক পাত্রটি হিমমিশ্রে এবং গোলতল ফ্লাস্কটি বালিখোলায় বসান থাকে।

এখন বালিখোলায় ফ্লাস্কটিকে 140°C-এ উত্তপ্ত করলে ইথানল ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইথার উৎপন্ন হয়। ইথারের বাষ্প শীতকের মধ্য দিয়ে যাবার সময় ঘনীভূত হয়ে তরলে পরিণত হয় এবং গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হবে। আর অঘনীভূত ইথার বাষ্প অপবাহিকায় চলে যাবে। যে হারে ইথার উৎপন্ন হয় সেই হারে ফানেল দিয়ে ইথানল ফ্লাস্কে যোগ করা হয়।

এভাবে উৎপন্ন ইথার বিশুদ্ধ নয়। এতে কোহল, সালফার ডাই-অক্সাইড জল ইত্যাদি অপদ্রব্য হিসেবে বর্তমান থাকে। এই ইথারকে বিচ্ছেদক ফানেলে নিয়ে প্রথমে কস্টিক সোডা এবং পরে জল দিয়ে ধুয়ে অপদ্রব্যগুলি দূর করা হয় এবং এই ইথার থেকে জল দূর করার জন্য অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে রাখা হয় এবং পরে পাতিত করে বিশুদ্ধ ইথার প্রস্তুত করা হয়।

2. **উইলিয়ামসনের পদ্ধতি:** সোডিয়াম ইথক্সাইড ও ইথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় ডাই-ইথাইল ইথার প্রস্তুত করা যায়।

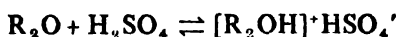
$$C_2H_5ONa + I{\cdot}C_2H_5 \rightarrow C_2H_5O{\cdot}C_2H_5 + NaI$$

3. **শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি:** 250°C-এ ইথানল বাষ্পকে অ্যালুমিনার উপর দিয়ে প্রবাহিত করে ইথাইল ইথারকে পণ্য হিসেবে প্রস্তুত করা হয়।

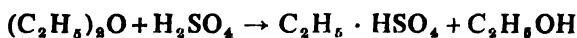
$$2C_2H_5OH \rightarrow (C_2H_5)_2O + H_2O$$

ধর্ম

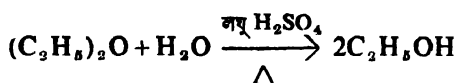
ভৌত ধর্ম: ইথাইল ইথার বর্ণহীন, অত্যন্ত উদ্বায়ী, সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত প্রশম ও জ্বলনশীল তরল। জলে অল্প দ্রবণীয় এবং জল অপেক্ষা হাল্কা। ইথানলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়, স্ফুটনাঙ্ক 34·5°C। বাতাসের সঙ্গে ইথাইল ইথার বিস্ফোরক মিশ্রণ প্রস্তুত করে।

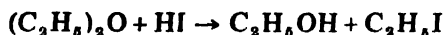
রাসায়নিক ধর্ম: ইথাইল ইথার নিষ্ক্রিয় পদার্থ। ধাতব সোডিয়াম বা পটাশিয়াম শীতল অ্যাসিড বা ক্ষার বা ফসফরাস পেন্টক্সাইড ইথারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। কিন্তু উত্তপ্ত অ্যাসিড ইথারকে ভেঙ্গে দেয়। আলোর উপস্থিতিতে ইথার বাতাস বা অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত ভারী, তেলের মত যৌগ ইথার পার-অক্সাইড $(C_2H_5)_2O{\cdot}O_2$ উৎপন্ন করে, যা একটি বিস্ফোরক পদার্থ।

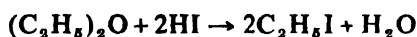
ঘন অজৈব অ্যাসিডে ইথার দ্রবীভূত হয়ে অক্সোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ইথার ব্রনস্টেড লরির ক্ষারকের ন্যায় আচরণ করে

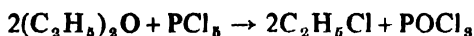
$$R_2O + H_2SO_4 \rightleftharpoons [R_2OH]^+HSO_4'$$

(1) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ইথারকে উত্তপ্ত করলে কোহল ও ইথাইল (অ্যালকাইল) হাইড্রোজেন সালফেটে পরিণত হয়।

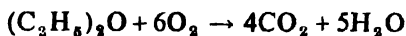
$$(C_2H_5)_2O + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5 \cdot HSO_4 + C_2H_5OH$$

কিন্তু উচ্চচাপে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বারা ইথার আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।

$$(C_2H_5)_2O + H_2O \xrightarrow[\Delta]{\text{লঘু } H_2SO_4} 2C_2H_5OH$$

(2) 0°C-এ ইথারের সঙ্গে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইথাইল আয়োডাইড ও ইথাইল কোহল উৎপন্ন করে।

$$(C_2H_5)_2O + HI \rightarrow C_2H_5OH + C_2H_5I$$

কিন্তু ইথারকে অতিরিক্ত হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ইথাইল আয়োডাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

$$(C_2H_5)_2O + 2HI \rightarrow 2C_2H_5I + H_2O$$

(3) উত্তপ্ত অবস্থায় ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথার অ্যালকাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$2(C_2H_5)_2O + PCl_5 \rightarrow 2C_2H_5Cl + POCl_3$$

(4) ইথার বাতাসে অনুজ্জ্বল শিখায় জ্বলে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়।

$$(C_2H_5)_2O + 6O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O$$

(5) হ্যালোজেনের সঙ্গে ইথারগুলি অ্যালকেনের ন্যায় বিক্রিয়া করে প্রতিস্থাপন যৌগ উৎপন্ন করে, যা হ্যালোজেনের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। অন্ধকারে ইথার ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 1—1' ডাই-ক্লোরো ইথাইল ইথার উৎপন্ন করে।

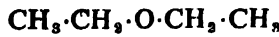
$$C_2H_5O \cdot C_2H_5 + 2Cl_2 \rightarrow CH_3 \cdot CHCl \cdot O \cdot CHCl \cdot CH_3 + 2HCl$$

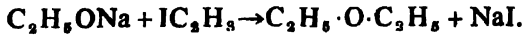
ব্যবহার ঃ চেতনানাশক, হিমায়ক এবং চর্বি, তেল, রেজিন, আয়োডিন ও জৈবযৌগের দ্রাবক হিসেবে প্রচুর পরিমাণে ইথার ব্যবহৃত হয়। এছাড়া গ্রিগনার্ড বিকারক প্রস্তুতিতেও প্রচুর ইথার প্রয়োজন হয়।

গঠন ঃ (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, ইথাইল ইথারের আণবিক গুরুত্ব $C_4H_{10}O$ ।

(2) শীতল অবস্থায় ইথাইল ইথার ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না এবং অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড বা ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে ইথাইল ইথার বিক্রিয়া করে না। অতএব ইথারে হাইড্রক্সিল (OH) মূলক নেই।

(3) হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সঙ্গে 0°C-এ বিক্রিয়া ইথাইল ইথার ইথানল ও ইথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন করে এবং উত্তপ্ত অবস্থায় ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় দুই অণু ইথাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করে। অতএব ইথাইল ইথারে দুটি ইথাইল মূলক অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত।

$$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}O{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3$$

ইথাইল ইথারে এই গঠন উইলিয়ামসন পদ্ধতিতে সংশ্লেষণ দিয়ে প্রমাণ করা যায়।

$$C_2H_5ONa + IC_2H_5 \rightarrow C_2H_5{\cdot}O{\cdot}C_2H_5 + NaI.$$

বিভিন্ন ইথারের ভৌত ধর্ম

নাম	গঠন	স্ফুটনাঙ্ক °C	গলনাঙ্ক °C	আপেক্ষিক গুরুত্ব
ডাই-মিথাইল ইথার	$CH_3{\cdot}O{\cdot}CH_3$	−23·6	−138	গ্যাস
মিথাইল ইথাইল "	$CH_3{\cdot}O{\cdot}C_2H_5$	8		0·647
ইথাইল "	$C_2H_5{\cdot}O{\cdot}C_2H_5$	34·5	−116·5	0·714
মিথাইল প্রোপাইল "	$CH_3{\cdot}O{\cdot}CH_2CH_2CH_3$	390		0·748
ইথাইল প্রোপাইল "	$C_2H_5{\cdot}O{\cdot}CH_2CH_2CH_3$	61		0·7546
ডাই-প্রোপাইল "	$C_3H_7O{\cdot}C_3H_7$	91	−112	0·747
ডাই-আইসো " "	$C_3H_7{\cdot}O{\cdot}C_3H_7$	67·5	−40	0·726
ডাই n-বিউটাইল "	$C_4H_9{\cdot}OC_4H_9$	141		0·769

প্রশ্নাবলী

1. ইথার কাকে বলে? সরল ও মিশ্র ইথার কাদের বলা হয়? ইথারের নামকরণ কিভাবে করা হয়?

2. ডাই-ইথাইল ইথার রসায়নাগারে কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? চিত্র সহ আলোচনা কর। কি শর্তে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি ইথারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং বিক্রিয়ায় কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ? (i) H_2SO_4 (ii) PCl_5 (iii) HI (iv) O_2.
3. টিকা লেখ : (i) উইলিয়ামসনের বিক্রিয়া (ii) ইথারের বর্গসমাবয়বতা (iii) অক্সোনিয়াম লবণ।
4. $C_4H_{10}O$ সংকেতের সাহায্যে সমাবয়ব ইথারের নাম ও গঠন বল।

১২

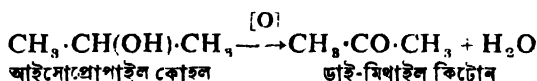
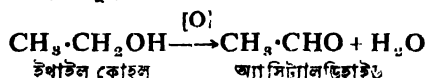
অ্যালডিহাইড ও কিটোন সমূহ
Aldehydes & Ketones

অ্যালডিহাইড ও কিটোন উভয় প্রকার যৌগে কার্বনিল মূলক ($>C=O$) আছে। তাই এদের কার্বনিল যৌগ বলে। অ্যালডিহাইড ও কিটোন উভয়েরই সাধারণ সংকেত হলো $C_nH_{2n}O$।

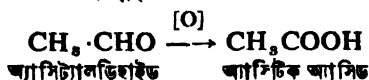
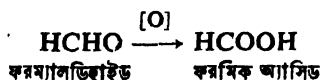
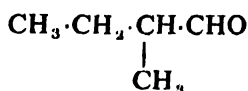
এই কার্বনিল মূলকের কার্বন পরমাণুতে যদি কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে তবে সেই যৌগকে অ্যালডিহাইড যৌগ বলে এবং $-CHO$ মূলককে অ্যাল-ডিহাইড মূলক বলে। আর কার্বনিল মূলকের কার্বন পরমাণুতে যদি দুটি অ্যালকাইল (বা অ্যারাইল) মূলক যুক্ত থাকে তবে সেই যৌগকে কিটোন যৌগ এবং $>C=O$ মূলককে তখন কিটোন মূলক বলে।

প্রাথমিক কোহলের জারণে প্রথম যে জারিত যৌগ পাওয়া যায় তা হল অ্যালডি-হাইড যৌগ। এতে $-CHO$ মূলক উৎপন্ন হয়, যা কার্বন শৃংখলের প্রান্তে থাকার কারণে এই মূলকের যোজ্যতার সংখ্যা এক। পক্ষান্তরে দ্বিতীয়ক কোহলের জারণে প্রথম যে জারিত বস্তু পাওয়া যায় তা হল কিটোন যৌগ। এতে $>C=O$ কিটোন মূলক উৎপন্ন হয়, যা কার্বন শৃংখলের প্রান্তে কখন থাকতে পারে না। কারণ কিটোন মূলকের যোজ্যতার সংখ্যা হলো দুই।

$$\underset{\text{ইথাইল কোহল}}{CH_3\cdot CH_2OH} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3\cdot CHO} + H_2O$$

$$\underset{\text{আইসোপ্রোপাইল কোহল}}{CH_3\cdot CH(OH)\cdot CH_3} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{ডাই-মিথাইল কিটোন}}{CH_3\cdot CO\cdot CH_3} + H_2O$$

নামকরণ : অ্যালডিহাইড সমূহকে অতি সহজে কার্বক্সিল অ্যাসিডে পরিণত করা যায়। অ্যালডিহাইডের জারণে প্রাপ্ত অ্যাসিডের নামের শেষ অংশ 'ইক' (ic) অ্যালডিহাইড দিয়ে পরিবর্তন করে অ্যালডিহাইড শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণ করা হয়।

$$\underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{HCHO} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HCOOH}$$

$$\underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3\cdot CHO} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

শৃংখলে অবস্থিত অন্যান্য মূলকের অবস্থান সুনির্দিষ্ট করার জন্য গ্রীক অক্ষর ব্যবহার করা হয়। অ্যালডিহাইড মূলকের সঙ্গে যুক্ত কার্বন পরমাণু α এবং পরবর্তী কার্বন পরমাণুগুলিতে ক্রমান্বয়ে β, γ ইত্যাদি দিয়ে সূচিত করা হয়।

$$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{\cdot}CHO$$ α মিথাইল বিউটির‍্যালডিহাইড (α methyl butyraldehyde)

IUPAC পদ্ধতিতে অ্যালডিহাইড শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণে অ্যালডিহাইড মূলক সমেত বৃহত্তম কার্বন শৃংখলটিতে যত সংখ্যক কার্বন পরমাণু আছে ঠিক তত সংখ্যক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট 'অ্যালকেন' (Alkane)-এর নামের শেষ অংশ 'ই' (e) অ্যাল (al) দ্বারা পরিবর্তন করে করা হয়। এক্ষেত্রে —CHO মূলকের কার্বনকে 1 সংখ্যা দিয়ে এবং অ্যালডিহাইডের পরবর্তী অন্যান্য কার্বন পরমাণুগুলিকে ক্রমান্বয়ে 2, 3, 4...ইত্যাদি সংখ্যা দিয়ে সূচীত করা হয়। শৃংখলে অবস্থিত অন্যান্য মূলকের অবস্থান বোঝাবার জন্য ঐ সকল মূলকের নামের আগে সেই কার্বন পরমাণুর সংখ্যা বসাতে হয় যাতে ঐ মূলকটি যুক্ত থাকে।

$H{\cdot}CHO$ মিথান্যাল (Methanal)

$CH_3{\cdot}CHO$ ইথান্যাল (Ethanal)

$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CHO$ প্রোপান্যাল (Propanal)

তিনটি কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালডিহাইডের কোন সমাবয়ব হয় না, তাই অ্যালডিহাইড মূলকের অবস্থান সূচীত করার প্রয়োজন নেই।

$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CHO$ 1-বিউটান্যাল বা বিউটান 1 অ্যাল (1 butanal) (butan 1 al)

$$CH_3{\cdot}\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}{\cdot}CH_2{\cdot}CHO$$ 3 মিথাইল বিউটান 1 অ্যাল

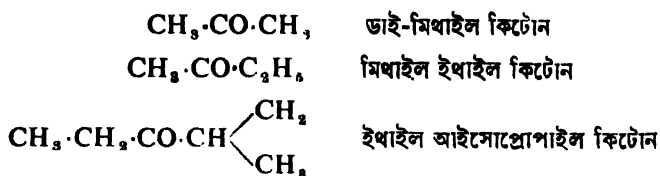
$$CH_3{\cdot}\overset{\displaystyle Cl}{\overset{|}{CH}}{\cdot}\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}CH_2{\cdot}CHO$$ 4 ক্লোরো 3 ইথাইল 3 মিথাইল পেণ্টেন্ 1 অ্যাল

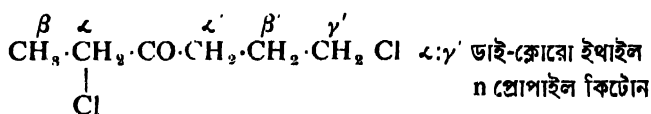
মূলকের নামকরণে ইংরাজী অ্যালফাবেট অনুসারে করা হয়।

কিটোন : সাধারণ পদ্ধতিতে কিটোন শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণে কার্বনিল মূলকে যুক্ত অ্যালকাইল মূলকদের নামের শেষে কিটোন বসিয়ে করা হয়।

$CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$ ডাই-মিথাইল কিটোন

$CH_3 \cdot CO \cdot C_2H_5$ মিথাইল ইথাইল কিটোন

$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CO \cdot CH \begin{matrix} \diagup CH_3 \\ \diagdown CH_3 \end{matrix}$$ ইথাইল আইসোপ্রোপাইল কিটোন

অন্যান্য মূলকের অবস্থান গ্রীক অক্ষর α, β, γ ইত্যাদি দিয়ে করা হয় এবং কার্বনিল মূলক সংলগ্ন কার্বন পরমাণুকে α এবং পরবর্তী কার্বনকে ক্রমান্বয়ে β, γ ইত্যাদি দিয়ে সূচীত করা হয়।

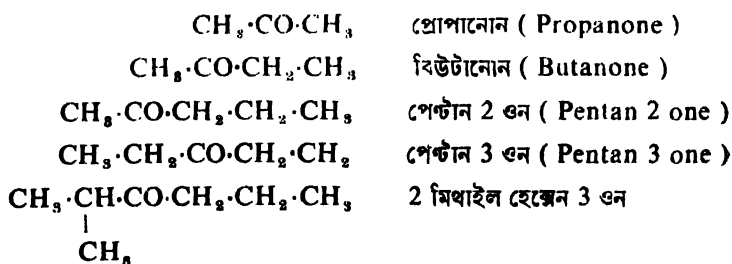
$$\overset{\beta}{CH_3} \cdot \underset{\underset{Cl}{|}}{\overset{\alpha}{CH_2}} \cdot CO \cdot \overset{\alpha'}{CH_2} \cdot \overset{\beta'}{CH_2} \cdot \overset{\gamma'}{CH_2}\,Cl$$ $\alpha{:}\gamma'$ ডাই-ক্লোরো ইথাইল n প্রোপাইল কিটোন

IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণে কিটোন মূলক সমেত বৃহত্তম কার্বন শৃংখলে যত সংখ্যক কার্বন আছে ; তত সংখ্যক কার্বন বিশিষ্ট অ্যালকেন (alkane)-এর নামের শেষ অংশ ই (e) ওন (one) দিয়ে পরিবর্তন করে করা হয়। আর যে প্রান্তিক কার্বন পরমাণুর নিকটে কার্বনিল মূলক বর্তমান শৃংখলের সেই প্রান্তিক কার্বনকে 1 সংখ্যা দিয়ে এবং অন্যান্য কার্বনগুলিকে ক্রমান্বয়ে 2, 3, 4 ইত্যাদি দিয়ে সূচীত করা হয়। কার্বনিল মূলকের এবং অন্যান্য মূলকের অবস্থান সংখ্যা দিয়ে সূচীত করা হয়। 3 এবং 4 কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট কিটোনের কোন সমাবয়ব হয় না। অতএব 3 এবং 4 কার্বন বিশিষ্ট কিটোন যৌগের কার্বনিল মূলকের অবস্থান সূচীত করার প্রয়োজন হয় না।

$CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$ প্রোপানোন (Propanone)

$CH_3 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CH_3$ বিউটানোন (Butanone)

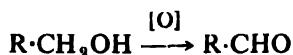
$CH_3 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$ পেণ্টান 2 ওন (Pentan 2 one)

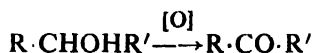
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CH_2$ পেণ্টান 3 ওন (Pentan 3 one)

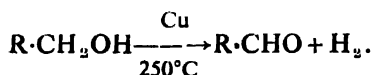
$$CH_3 \cdot \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$$ 2 মিথাইল হেক্সেন 3 ওন

অ্যালডিহাইড ও কিটোন প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ

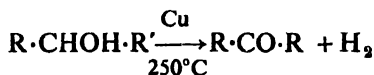
অ্যালডিহাইড ও কিটোন উভয় যৌগে কার্বনিল মূলক থাকায় একই রকম ভাবে উভয়কে প্রস্তুত করা যায়।

1. (a) প্রাথমিক কোহলের জারণ দ্বারা অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়। এক্ষেত্রে জারক দ্রব্য হিসেবে অ্যাসিড ডাইক্রোমেট ব্যবহার করা হয়। অনেক সময় কোহলের বাষ্পকে বাতাসের সঙ্গে মিশিয়ে 250°C রূপোর উপর দিয়ে প্রবাহিত করে কোহলকে জারিত করা হয়।

$$R{\cdot}CH_2OH \xrightarrow{[O]} R{\cdot}CHO$$

(b) অনুরূপভাবে দ্বিতীয়ক কোহলকে জারিত করলে কিটোন পাওয়া যায়।

$$R{\cdot}CHOHR' \xrightarrow{[O]} R{\cdot}CO{\cdot}R'$$

2. (a) উত্তপ্ত (250°C) তামার উপর দিয়ে প্রাথমিক কোহলের বাষ্প প্রবাহিত করলে প্রাথমিক কোহল থেকে হাইড্রোজেন বিমুক্ত দ্বারা (Dehydrogenation) অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

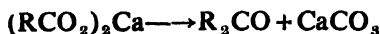
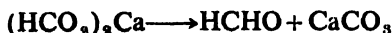
$$R{\cdot}CH_2OH \xrightarrow[250°C]{Cu} R{\cdot}CHO + H_2.$$

(b) অনুরূপভাবে দ্বিতীয়ক কোহল থেকে হাইড্রোজেন বিযুক্ত দ্বারা কিটোন উৎপন্ন হয়।

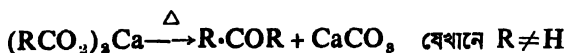
$$R{\cdot}CHOH{\cdot}R' \xrightarrow[250°C]{Cu} R{\cdot}CO{\cdot}R + H_2$$

3. (a) ক্যালসিয়াম ফরমেটের সঙ্গে অন্য ফ্যাটি অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণকে একসঙ্গে শুষ্ক পাতন করলে অ্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

$$(R{\cdot}CO_2)_2Ca + (HCO_2)_2Ca \rightarrow 2R{\cdot}CHO + 2CaCO_3$$

কেবলমাত্র ক্যালসিয়াম ফরমেটকে পাতন করলে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়। আর অন্যান্য অ্যালডিহাইড প্রস্তুতির ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যালডিহাইডের পরিমাণ পার্শ্ব বিক্রিয়ায় (Side reaction)-এর জন্য কম হয়।

$$(HCO_2)_2Ca \longrightarrow HCHO + CaCO_3$$

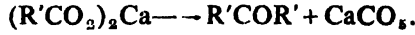
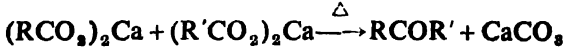
$$(RCO_2)_2Ca \longrightarrow R_2CO + CaCO_3$$

(b) ফরমিক অ্যাসিড ব্যতীত যে কোন ফ্যাটি অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণকে শুষ্ক পাতন করলে কিটোন পাওয়া যায়

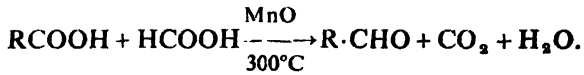
$$(RCO_2)_2Ca \xrightarrow{\Delta} R{\cdot}COR + CaCO_3 \quad \text{যেখানে } R \neq H$$

ফরমিক অ্যাসিড ছাড়া দুটি বিভিন্ন ফ্যাটি অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণের মিশ্রণকে

শুষ্ক পাতন করলে মিশ্র কিটোন পাওয়া যায়। এ ক্ষেত্রেও পার্শ্ব বিক্রিয়ার জন্য উৎপন্ন কিটোনের পরিমাণ কম হয়।

$$(RCO_2)_2Ca + (R'CO_2)_2Ca \xrightarrow{\triangle} RCOR' + CaCO_3$$

পার্শ্ব বিক্রিয়া : $(R \cdot CO_2)_2Ca \longrightarrow RCOR + CaCO_3$

$$(R'CO_2)_2Ca \longrightarrow R'COR' + CaCO_3.$$

4. (a) ফরমিক অ্যাসিডের বাষ্পের সঙ্গে অন্য ফ্যাটি অ্যাসিডের বাষ্প মিশিয়ে 300°C-এ উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইডের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

$$RCOOH + HCOOH \xrightarrow[300°C]{MnO} R \cdot CHO + CO_2 + H_2O.$$

এক্ষেত্রেও পার্শ্ববিক্রিয়ায় RCOR ও HCHO উৎপন্ন হয়।

(b) ফরমিক অ্যাসিড ব্যতীত অন্য ফ্যাটি অ্যাসিডের বাষ্প উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইডের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে কিটোন প্রস্তুত হয়।

$$2RCOOH \longrightarrow RCOR + H_2O + CO_2$$

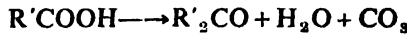
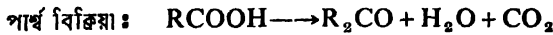
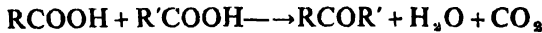
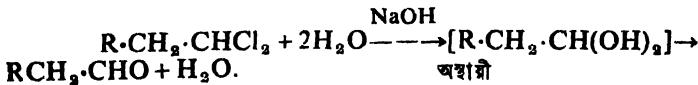
দুটি বিভিন্ন ধরনের ফ্যাটি অ্যাসিডের (ফরমিক অ্যাসিড ছাড়া) থেকে অনুপরূভাবে মিশ্র কিটোন উৎপন্ন হয়। তবে পার্শ্ব বিক্রিয়ার দরুন পরিমাণ কম হয়।

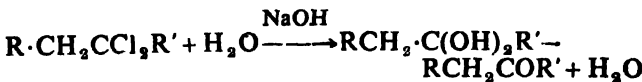
$$RCOOH + R'COOH \longrightarrow RCOR' + H_2O + CO_2$$

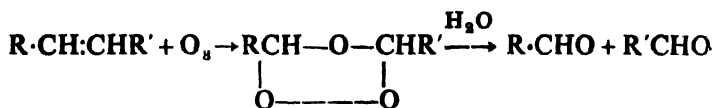
পার্শ্ব বিক্রিয়া : $RCOOH \longrightarrow R_2CO + H_2O + CO_2$

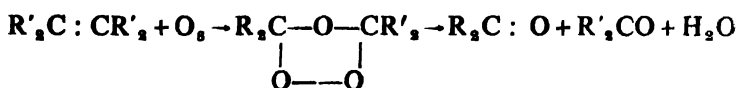
$$R'COOH \longrightarrow R'_2CO + H_2O + CO_2$$

5. (a) 1 : 1 ডাই-হ্যালো অ্যালকেনকে আদ্র্ বিশ্লেষণ করলে অ্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

$$R \cdot CH_2 \cdot CHCl_2 + 2H_2O \xrightarrow{NaOH} \underset{\text{অস্থায়ী}}{[R \cdot CH_2 \cdot CH(OH)_2]} \rightarrow RCH_2 \cdot CHO + H_2O.$$

(b) 1 : 1 ডাই-হ্যালো অ্যালকেন ছাড়া অন্য যে কোন জেম ডাই-হ্যালো অ্যালকেনের আদ্র্ বিশ্লেষণে কিটোন পাওয়া যায়।

$$R \cdot CH_2CCl_2R' + H_2O \xrightarrow{NaOH} RCH_2 \cdot C(OH)_2R' \rightarrow RCH_2COR' + H_2O$$

6. (a) R·CH : CHR ধরনের অলিফিন যৌগের ওজোন সংযুক্তিকরণে (Ozonolysis) ও পরে দস্তাংরজের উপস্থিতিতে আদ্র্ বিশ্লেষণে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

$$R{\cdot}CH{:}CHR' + O_3 \rightarrow \underset{\substack{| \qquad\quad |\\ O\text{———}O}}{RCH{-}O{-}CHR'} \xrightarrow{H_2O} R{\cdot}CHO + R'CHO$$

(b) অনুরূপভাবে $R_2C:CR'_2$ ধরনের অলিফিন যৌগের ওজোন সংযুক্তিকরণ ও আর্দ্র বিশ্লেষণে কিটোন উৎপন্ন হয়।

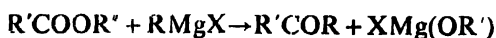
$$R'_2C:CR'_2 + O_3 \rightarrow \underset{\substack{| \quad |\\ O\text{——}O}}{R_2C{-}O{-}CR'_2} \rightarrow R_2C:O + R'_2CO + H_2O$$

7. (a) অধিক পরিমাণে ফরমিক এস্টারের সঙ্গে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

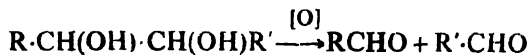
$$HCO_2R' + RMgX \rightarrow RCHO + XMg(OR')$$

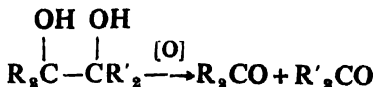
ফরমিক এস্টারের পরিবর্তে অর্থো ফরমিক এস্টার $[HC(OC_2H_5)_3]$ ব্যবহারে অ্যালডিহাইড পরিমাণে বেশি হয়।

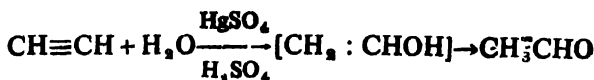
(b) ফরমিক এস্টার ছাড়া অন্য ফ্যাটি অ্যাসিডের এস্টারের সঙ্গে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় কিটোন উৎপন্ন হয়। অ্যালকাইল সায়ানাইডের সঙ্গে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় কিটোন উৎপন্ন হয়।

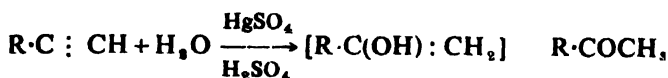
$$R'COOR'' + RMgX \rightarrow R'COR + XMg(OR')$$

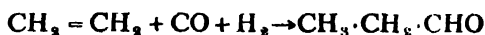
$$RCN + R'MgX \rightarrow RR'{\cdot}C{=}NMgX' \rightarrow RCOR'$$

8. (a) $R{\cdot}CH(OH){\cdot}CH(OH)R'$ ধরনের 1:2 গ্লাইকলকে পার-আয়োডিক অ্যাসিড বা লেড টেট্রাঅ্যাসিটেট দিয়ে জারণে অ্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

$$R{\cdot}CH(OH){\cdot}CH(OH)R' \xrightarrow{[O]} RCHO + R'{\cdot}CHO$$

(b) অনুরূপভাবে $\overset{OH}{\underset{}{R_2C}}{-}\overset{OH}{CR'_2}$ ধরনের 1, 2 গ্লাইকলকে জারিত করলে কিটোন পাওয়া যায়।

$$\overset{OH}{R_2C}{-}\overset{OH}{CR'_2} \xrightarrow{[O]} R_2CO + R'_2CO$$

9. (a) মারকিউরিক সালফেটের উপস্থিতিতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়ে অ্যাসিটিলিন প্রবাহিত করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

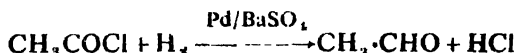
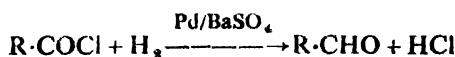
$$CH{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow[H_2SO_4]{HgSO_4} [CH_2:CHOH] \rightarrow CH_3CHO$$

(b) অনুরূপভাবে RC : CH ধরনের অ্যালকাইন যৌগ থেকে কিটোন পাওয়া যায়।

$$R{\cdot}C : CH + H_2O \xrightarrow[H_2SO_4]{HgSO_4} [R{\cdot}C(OH) : CH_2] \quad R{\cdot}COCH_3$$

10. **অক্সো প্রক্রিয়া** (Oxo process) **:** 150-200°C-এ এবং 150-300 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সক্রিয় কোবাল্ট অনুঘটকের উপর অলিফিন, হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইড মিশ্রণ প্রবাহিত করলে অ্যালডিহাইড পাওয়া যায়। ইথিলিন, কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় প্রোপিয়োন্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

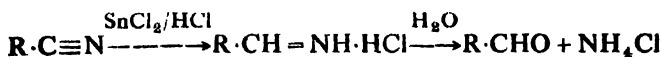
$$CH_2 = CH_2 + CO + H_2 \rightarrow CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CHO$$

কিন্তু এইরূপ কোন বিক্রিয়া দিয়ে কিটোন প্রস্তুত করা যায় না।

11. প্যালাডিয়াম অনুঘটকের সঙ্গে বেরিয়াম সালফেট উপস্থিত থাকলে হাইড্রোজেন, অ্যাসিড ক্লোরাইডকে বিজারিত করে কেবলমাত্র অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করে।

$$R{\cdot}COCl + H_2 \xrightarrow{Pd/BaSO_4} R{\cdot}CHO + HCl$$

$$CH_3COCl + H_2 \xrightarrow{Pd/BaSO_4} CH_3{\cdot}CHO + HCl$$

এরকম কোন বিক্রিয়া দিয়ে কিটোন প্রস্তুত করা যায় না।

12. **স্টিফেন পদ্ধতি** (Stefen's method) **:** অ্যালকাইল সায়ানাইডের ইথার দ্রবণকে স্ট্যানাস ক্লোরাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করলে ইমিনোক্লোরাইড পাওয়া যায়, যাকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে অ্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

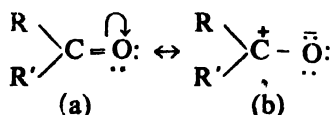
$$R{\cdot}C{\equiv}N \xrightarrow{SnCl_2/HCl} R{\cdot}CH = NH{\cdot}HCl \xrightarrow{H_2O} R{\cdot}CHO + NH_4Cl$$

এরকম কোন বিক্রিয়া দিয়ে কিটোন প্রস্তুত করা যায় না।

কার্বনিল মূলকের ইলেকট্রনীয় গঠন

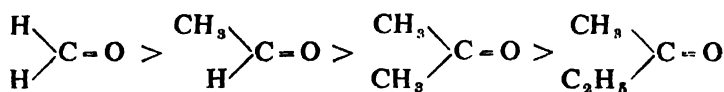
অ্যালডিহাইড বা কিটোনের কার্বনিল মূলকের অক্সিজেন পরমাণু কার্বন পরমাণুর তুলনায় বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক হওয়ায় কার্বনিল মূলকটি ধ্রুবিত (Polarised) হবে এবং কার্বনিল মূলকের অক্সিজেন পরমাণু ঋণাত্মক হওয়ায় ধ্রুবণের (Polarisation) দিক (Direction) নির্দিষ্ট। কার্বনিল মূলকের দ্বিমেরু প্রাবল্য (Dipole

moment) প্রায় 2·7D থেকে 3·0D। যার থেকে অঙ্ক কষে বার করা যায় যে, কার্বনিল মূলকের ধ্রুবিত হওয়ার হার প্রায় 50%। অতএব অ্যালডিহাইড বা কিটোনের অণু সংস্পন্দন সঙ্কর (Resonance hybrid) হয় এবং দুটি চূড়ান্ত গঠন (a) এবং (b) এই সংস্পন্দন সঙ্করে প্রায় সমানভাবে অংশ নেবে।

$$\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix} \rangle C = \ddot{O}: \leftrightarrow \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix} \rangle \overset{+}{C} - \overset{-}{\ddot{O}}:$$

(a) (b)

অ্যালডিহাইড ও কিটোনের সাধারণ বিক্রিয়াসমূহ

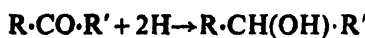
কার্বনিল মূলকের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকাইল মূলকের প্রকৃতির উপর কার্বনিল মূলকের সক্রিয়তা নির্ভরশীল। দেখা গেছে যে ক্ষুদ্রতর অ্যালকাইল মূলক থাকলে কার্বনিল মূলকের সক্রিয়তা অনেক বেশি হয়। অতএব সক্রিয়তার ক্রমানুসারে সাজালে দেখা যাবে যে,

$$\begin{matrix} H \\ H \end{matrix} \rangle C = O > \begin{matrix} CH_3 \\ H \end{matrix} \rangle C = O > \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \rangle C = O > \begin{matrix} CH_3 \\ C_2H_5 \end{matrix} \rangle C = O$$

ইত্যাদি।

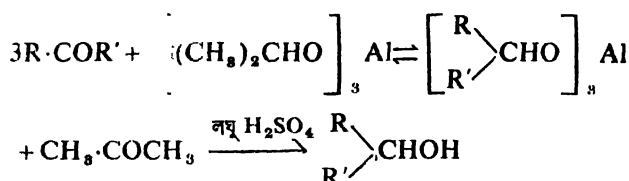
বৃহত্তর অ্যালকাইল মূলক থাকলে কার্বনিল যৌগ খুবই কম সক্রিয় হবে। যেমন টার-বিউটাইল মূলক যুক্ত কার্বনিল মূলকের সক্রিয়তা খুবই কম। অ্যালকাইল মূলকের আয়তন বাড়ার জনাই সক্রিয়তা কমে সেটা নিশ্চয় করে বলা যায় না। তবে কার্বনিল মূলকের বড় আয়তনের অ্যালকাইল মূলক থাকলে এই অ্যালকাইল মূলক বিক্রিয়ককে (Reactant) কার্বনিল মূলকের সংস্পর্শে আসতে বাধা দেয়। যেহেতু সংস্পর্শ ব্যতীত বিক্রিয়া সম্ভব নয়। অতএব আয়তনে বড় অ্যালকাইল মূলক কার্বনিল যৌগে উপস্থিত থাকলে সেই যৌগের সক্রিয়তা কম হয়।

1. **হাইড্রোজেন সংযোগঃ** জায়মান হাইড্রোজেন বা অনুঘটকীয় (Catalytically) বিজারণ দ্বারা অ্যালডিহাইড বা কিটোনকে বিজারিত করে কোহলে পরিণত করা যায়। অ্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে প্রাথমিক ও কিটোনের ক্ষেত্রে দ্বিতীয়ক কোহল পাওয়া যায়।

$$R{\cdot}CHO + 2H \rightarrow R{\cdot}CH_2OH$$

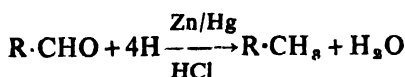
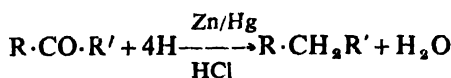
$$R{\cdot}CO{\cdot}R' + 2H \rightarrow R{\cdot}CH(OH){\cdot}R'$$

ধাতু ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন বিজারিত করতে পারে। জলীয় বা ইথানল দ্রবণে রেনি নিকেল (Raney Nickel) ব্যবহার করলে কার্বনিল যৌগকে বিজারিত করা যায়। এছাড়া আইসোপ্রোপানলের উপস্থিতিতে অ্যালু-মিনিয়াম আইসোপ্রোপক্সাইডের সঙ্গে কার্বনিল যৌগকে উত্তপ্ত করলে কার্বনিল যৌগ বিজারিত হয় এবং আইসোপ্রোপানল জারিত হয়ে অ্যাসিটোনে পরিণত হয়। অ্যাসিটোনকে পাতন করে দূর করে অবশিষ্ট বস্তুকে আম্লিক করলে কোহল পাওয়া যায়। এই বিজারণকে মেরউইন পনডর্ফ ভারলের বিজারণ (Meerwein Ponndrof Verley's Reduction) বলে।

$$3R\cdot COR' + \left[(CH_3)_2CHO\right]_3 Al \rightleftharpoons \left[\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}{>}CHO\right]_3 Al$$

$$+ CH_3\cdot COCH_3 \xrightarrow{\text{লঘু } H_2SO_4} \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}{>}CHOH$$

এই বিজারক পদার্থটি কেবলমাত্র কার্বনিল মূলকের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। সুতরাং অন্য মূলক যা বিজারিত হতে পারে তা কার্বনিল যৌগে থাকলেও কোন অসুবিধে হয় না। কারণ সেই সব মূলক এই বিক্রিয়ায় অক্ষত থাকে। যেমন নাইট্রোমূলক, অসম্পৃক্ততা ইত্যাদি এই বিক্রিয়ায় অক্ষত থাকে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং জিঙ্ক পারদ সংকর (Zinc amalgam) সংযোগে কার্বনিল যৌগকে উত্তপ্ত করলে কার্বনিল মূলকটি বিজারিত হয়ে মেথিলিন ($-CH_2-$) মূলকে পরিণত হয়। এই বিক্রিয়াটিকে ক্লিমেনসেন বিজারণ (Clemmensen Reduction) বলে। ক্লিমেনসেন বিজারণটি অ্যালডিহাইড যৌগের থেকে কিটোনের ক্ষেত্রে ফল ভালো হয়।

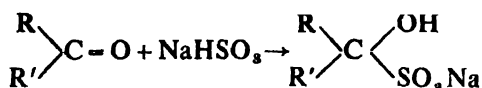
$$R\cdot CO\cdot R' + 4H \xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} R\cdot CH_2R' + H_2O$$

$$R\cdot CHO + 4H \xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} R\cdot CH_3 + H_2O$$

হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড ও লাল ফসফরাস সহযোগে কার্বনিল যৌগকে উত্তপ্ত করলে কার্বনিল মূলকটি বিজারিত হয়ে মেথিলিন মূলকে পরিণত হয়।

$$R\cdot CO\cdot R' + 4HI \rightarrow RCH_2R' + H_2O + 2I_2$$

$$R\cdot CHO + 4HI \rightarrow R\cdot CH_3 + H_2O + 2I_2$$

2. অ্যালডিহাইড ও কিটোন যৌগগুলি সোডিয়াম বাই-সালফাইটের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যুতযৌগ গঠন করে।

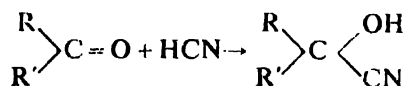
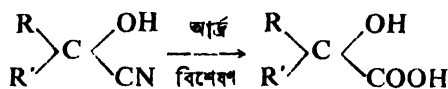
$$\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\rangle C=O + NaHSO_3 \rightarrow \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\rangle C \langle \begin{matrix} OH \\ SO_3Na \end{matrix}$$

[R′ = H বা অ্যালকাইল মূলক]

বেশির ভাগ অ্যালডিহাইড সোডিয়াম বাই-সালফাইট যুতযৌগ গঠন করে। কিন্তু সব কিটোন সোডিয়াম বাই-সালফাইট যুতযৌগ প্রস্তুত করে না। কার্বনিল যৌগের সোডিয়াম বাই-সালফাইট যুত যৌগগুলি সোডিয়াম বাই-সালফাইট দ্রবণে অদ্রাব্য এবং এগুলি কেলাসাকার পদার্থ এবং এই যুতযৌগকে অ্যাসিড বা সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে কার্বনিল যৌগকে পুনরায় পাওয়া যায়। ফলে এভাবে অ-কার্বনিল (Non-carbonyl) যৌগ থেকে কার্বনিল যৌগকে পৃথক ও বিশুদ্ধ করা যায়।

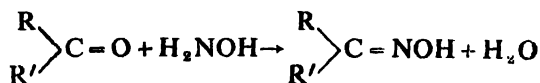
3. হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড অ্যালডিহাইড এবং কিটোন যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যুতযৌগ সায়ানোহাইড্রিন (Cyanohydrin) উৎপন্ন করে। কার্বনিল যৌগকে সোডিয়াম সায়ানাইড ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে বিক্রিয়া করানো হয়।

$$\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\rangle C=O + HCN \rightarrow \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\rangle C \langle \begin{matrix} OH \\ CN \end{matrix}$$

সায়ানোহাইড্রিন যৌগ আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে হাইড্রক্সি অ্যাসিডে পরিণত হয়।

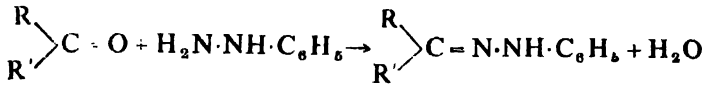
$$\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\rangle C \langle \begin{matrix} OH \\ CN \end{matrix} \xrightarrow[\text{বিশ্লেষণ}]{\text{আর্দ্র}} \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\rangle C \langle \begin{matrix} OH \\ COOH \end{matrix}$$

[R ও R′ = H বা অ্যালকাইল মূলক]

4. অ্যালডিহাইড বা কিটোন যৌগ হাইড্রক্সিলঅ্যামিনের (NH_2OH) সঙ্গে বিক্রিয়া করে এক অণু জল বিযুক্তের দ্বারা অক্সিম (Oxime) যৌগ গঠন করে।

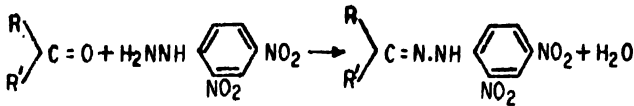
$$\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\rangle C=O + H_2NOH \rightarrow \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\rangle C=NOH + H_2O$$

[R ও R′ = H বা অ্যালকাইল মূলক]

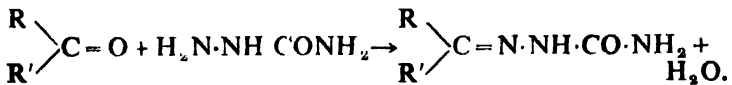
অক্সিম যৌগগুলি সাধারণত কেলাসাকার পদার্থ, যাদের গলনাঙ্ক নির্দিষ্ট। ফলে কার্বনিল যৌগকে সনাক্তকরণে অক্সিম সাহায্য করে।

5. কার্বনিল যৌগগুলি অ্যাসিটিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এক অণু জল বিযুক্তের দ্বারা ফিনাইল হাইড্রাজোন (Phenyl hydrazone) গঠন করে।

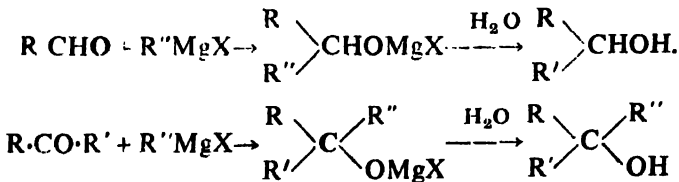
$$\begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!\!>C=O+H_2N{\cdot}NH{\cdot}C_6H_5 \rightarrow \begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!\!>C=N{\cdot}NH{\cdot}C_6H_5+H_2O$$

[R ও R′ = H বা অ্যালকাইল মূলক]

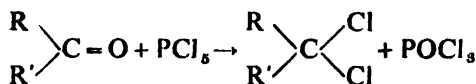
কার্বনিল যৌগ 2:4 ডাই-নাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিনের (Brady's Reagent) সঙ্গে বিক্রিয়া করে অনুরূপভাবে 2 : 4 ডাই-নাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজোন যৌগ গঠন করে, সেটি হলুদ বা কমলা হলুদ রঙের কেলাসাকার পদার্থ।

$$\begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!\!>C=O+H_2NNH\text{-}C_6H_3(NO_2)_2 \rightarrow \begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!\!>C=N.NH\text{-}C_6H_3(NO_2)_2+H_2O$$

6. সোডিয়াম অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে কার্বনিল যৌগ সেমিকার্বাজাইড হাইড্রোক্লোরাইড ($H_2NCONH{\cdot}NH_2{\cdot}HCl$) যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়ায় জলের অণু বিযুক্ত করে সেমিকার্বাজোন (semicarbazone) যৌগ উৎপন্ন করে।

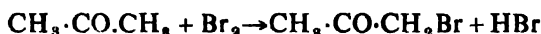
$$\begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!\!>C=O+H_2N{\cdot}NH\,CONH_2 \rightarrow \begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!\!>C=N{\cdot}NH{\cdot}CO{\cdot}NH_2+H_2O.$$

7. অ্যালডিহাইড ও কিটোন যৌগ গ্রিগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যে জটিল যৌগ উৎপন্ন করে, যা জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কোহল প্রস্তুত করে। অ্যালডিহাইড যৌগের ক্ষেত্রে দ্বিতীয়ক কোহল এবং কিটোন যৌগের ক্ষেত্রে তৃতীয়ক কোহল উৎপন্ন হয়। কেবলমাত্র ফরম্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে প্রাথমিক কোহল উৎপন্ন হয়।

$$R\,CHO+R''MgX \rightarrow \begin{matrix}R \\ R''\end{matrix}\!\!>CHOMgX \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!\!>CHOH.$$

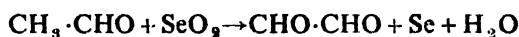
$$R{\cdot}CO{\cdot}R'+R''MgX \rightarrow \begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}R'' \\ OMgX\end{matrix} \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix}R \\ R'\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}R'' \\ OH\end{matrix}$$

8. কার্বনিল যৌগ ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় জেম ডাই-ক্লোরো যৌগ উৎপন্ন করে।

$$\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>\!C=O + PCl_5 \rightarrow \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>\!C\!<\!\begin{matrix} Cl \\ Cl \end{matrix} + POCl_3$$

[R ও R' = H বা অ্যালকাইলমূলক]

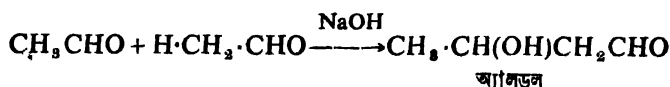
9. ক্লোরিন বা ব্রোমিন অ্যালডিহাইড বা কিটোনের এক বা একাধিক α হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে।

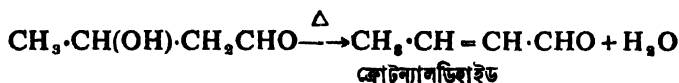
$$CH_3\cdot CO.CH_3 + Br_2 \rightarrow CH_3\cdot CO\cdot CH_2Br + HBr$$

10. অ্যালডিহাইড ও কিটোন যৌগের কার্বনিলমূলক সংলগ্ন মেথিলিন বা মিথাইল মূলক সাধারণ তাপমাত্রায় সেলেনিয়াম ডাই-অক্সাইড দিয়ে জারিত হয়ে ডাই-কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড গ্লাইঅক্জাল এবং অ্যাসিটোন মিথাইল গ্লাইঅক্জালে পরিণত হয়।

$$CH_3\cdot CHO + SeO_2 \rightarrow CHO\cdot CHO + Se + H_2O$$

$$CH_3\cdot CO\cdot CH_3 + SeO_2 \rightarrow CH_3\cdot CO\cdot CHO + Se + H_2O$$

11. অ্যালডিহাইড ও কিটোন সংঘনন বিক্রিয়া (Condensation Reaction) দেয়। সংঘনন বিক্রিয়ায় দুই বা ততোধিক অণু সংযুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করে এবং এই সংযোগের সময় জলের অণু বিযুক্ত হতেও পারে আবার নাও হতে পারে।

অ্যালডল সংঘনন (Aldol Condensation) : লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণ বা পটাশিয়াম কার্বনেট দ্রবণ বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যাসিট্যালডিহাইডের সংঘনন বিক্রিয়ায় সিরাপের মত তরল পদার্থ অ্যালডল (aldol) প্রস্তুত হয়। [অ্যালড্ (ald) মানে অ্যালডিহাইড, অল (ol) মানে অ্যালকোহল]

$$CH_3CHO + H\cdot CH_2\cdot CHO \xrightarrow{NaOH} \underset{\text{অ্যালডল}}{CH_3\cdot CH(OH)CH_2CHO}$$

অ্যালডলকে উত্তপ্ত করলে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে অসংপৃক্ত যৌগ উৎপন্ন করে। অনেক সময় এই বিক্রিয়ায় অ্যালডলের পরিবর্তে অসংপৃক্ত যৌগই পাওয়া যায়।

$$CH_3\cdot CH(OH)\cdot CH_2CHO \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{ক্রোটন্যালডিহাইড}}{CH_3\cdot CH=CH\cdot CHO} + H_2O$$

অ্যালডল সংঘননে α হাইড্রোজেন (কার্বনিল মূলকের পরিপ্রেক্ষে) কেবলমাত্র

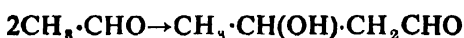
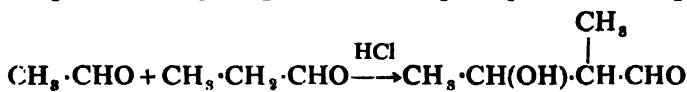
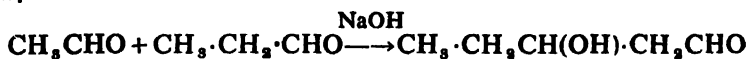
বিস্তারিত করে। অ্যালডল সংঘনন দুটি অণু অ্যালডিহাইড (একই প্রকার বা বিভিন্ন প্রকার) বা দুটি অণু কিটোন (একই প্রকার বা বিভিন্ন প্রকার) বা অ্যালডিহাইড ও কিটোন অণুর মধ্যে সংঘটিত হতে পারে।

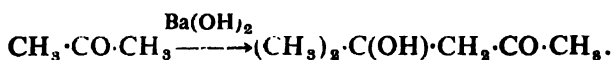
দুটি বিভিন্ন প্রকার অ্যালডিহাইড যৌগ এই সংঘনেন সম্ভাব্য চারিটি অ্যালডলই উৎপন্ন হয়। কিন্তু বিভিন্ন প্রভাবক ব্যবহারে কোন একটি অ্যালডলের পরিমাণ বাড়ানো যায়।

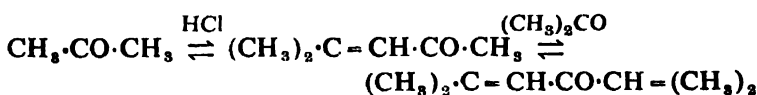
$$CH_3CHO + CH_3\cdot CH_2\cdot CHO \xrightarrow{NaOH} CH_3\cdot CH_2CH(OH)\cdot CH_2CHO$$

$$CH_3\cdot CHO + CH_3\cdot CH_2\cdot CHO \xrightarrow{HCl} CH_3\cdot CH(OH)\cdot \overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}H\cdot CHO$$

$$2CH_3\cdot CHO \rightarrow CH_3\cdot CH(OH)\cdot CH_2CHO$$

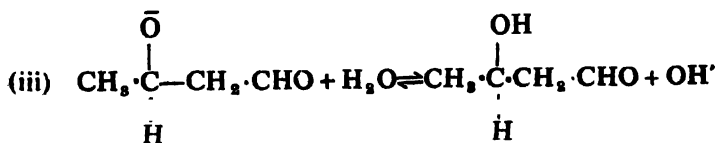
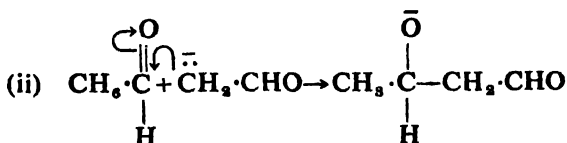
$$2CH_3\cdot CH_2\cdot CHO \rightarrow CH_3\cdot CH_2CHOH\cdot CH(CH_3)\cdot CHO$$

বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটোন অ্যালডল সংঘননের দ্বারা ডাই-অ্যাসিটোন কোহল প্রস্তুত করে

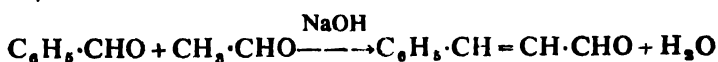
$$CH_3\cdot CO\cdot CH_3 \xrightarrow{Ba(OH)_2} (CH_3)_2\cdot C(OH)\cdot CH_2\cdot CO\cdot CH_3.$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটোন এই সংঘননে অসংপৃক্ত কিটোন মেসিট্যাইল অক্সাইড ও ফোরোন উৎপন্ন করে।

$$CH_3\cdot CO\cdot CH_3 \overset{HCl}{\rightleftharpoons} (CH_3)_2\cdot C=CH\cdot CO\cdot CH_3 \overset{(CH_3)_2CO}{\rightleftharpoons} (CH_3)_2\cdot C=CH\cdot CO\cdot CH=(CH_3)_2$$

অ্যালডল সংঘনন ক্রিয়াবিধি (Mechanism) : এই বিক্রিয়া তিন ধাপে সংঘটিত হয়।

(i) $H\bar{O} + H-CH_2\cdot CHO \rightleftharpoons H_2O + \ddot{\bar{C}}H_2\cdot CHO$

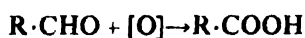
(ii) $CH_3\cdot \underset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}}} + \ddot{\bar{C}}H_2\cdot CHO \rightarrow CH_3\cdot \underset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{\displaystyle \bar{O}}{\overset{|}{C}}}}-CH_2\cdot CHO$

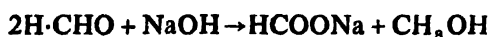
(iii) $CH_3\cdot \underset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{\displaystyle \bar{O}}{\overset{|}{C}}}}-CH_2\cdot CHO + H_2O \rightleftharpoons CH_3\cdot \underset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{C}}}}\cdot CH_2\cdot CHO + OH'$

ক্লেজেন স্মিড্ট (Claisen Schmidt reaction) : লঘু ক্ষারীয় দ্রবণের উপস্থিতিতে আরোম্যাটিক অ্যালডিহাইড (যাতে ৫-হাইড্রোজেন নেই) ৫-হাইড্রোজেন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড বা কিটোনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অসংপৃক্ত যৌগ উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটিও অ্যালডল বিক্রিয়ার অনুরূপ।

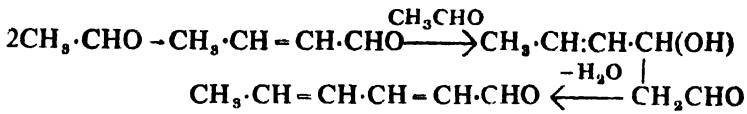
$$C_6H_5{\cdot}CHO + CH_3{\cdot}CHO \xrightarrow{NaOH} C_6H_5{\cdot}CH = CH{\cdot}CHO + H_2O$$

যে সকল বিক্রিয়া কেবলমাত্র অ্যালডিহাইড দেয়

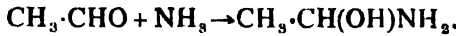
1. অ্যালডিহাইড শিফ বিকারকের (Schiff's reagent) লালচে বেগুনী (magenta) রঙ পুনরুদ্ধার করে।

2. অ্যালডিহাইডকে সহজে জারিত করা যায় এবং জারণে অ্যালডিহাইড মূলক কার্বক্সিল মূলকে (– COOH) পরিণত হয়। সুতরাং অ্যালডিহাইড যৌগগুলি শক্তিশালী বিজারক পদার্থ এবং মৃদু জারক পদার্থ যেমন ফেলিং দ্রবণকে ($CuSO_4$ দ্রবণ ও সোডিয়াম পটাশিয়াম টারটারেটের ক্ষারীয় দ্রবণ) বিজারিত করে লাল কিউপ্রাস অক্সাইডে এবং টলেন বিকারককে (Tollens Reagent) [অ্যামোনিয়াক্যাল সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ] কালো রঙের সিলভারে বিজারিত করে। অ্যালডিহাইড এবং এর থেকে উৎপন্ন কার্বক্সিল যৌগে কার্বন পরমাণু সংখ্যার হেরফের হবে না অর্থাৎ অভিন্ন হবে।

$$R{\cdot}CHO + [O] \rightarrow R{\cdot}COOH$$

3. যে অ্যালডিহাইড যৌগে ৫-হাইড্রোজেন পরমাণু (অ্যালডিহাইড মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে ৫ কার্বনে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলিকে ৫-হাইড্রোজেন বলে) অবর্তমান, সেই অ্যালডিহাইড যৌগকে লঘু কস্টিক দ্রবণ দিয়ে উত্তপ্ত করলে এক অণু অ্যালডিহাইড জারিত হয়ে কার্বক্সিল অ্যাসিডে এবং এক অণু অ্যালডিহাইড বিজারিত হয়ে কোহলে পরিণত হয়। এই বিক্রিয়াকে ক্যানিজারো বিক্রিয়া (Cannizzaro reaction) বলে। যেমন ফরম্যালডিহাইড (যাতে ৫ হাইড্রোজেন নেই) কস্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফরমেট ও মিথানলে পরিণত হয়।

$$2H{\cdot}CHO + NaOH \rightarrow HCOONa + CH_3OH$$

4. ফরম্যালডিহাইড ব্যতীত অন্য অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড যৌগকে ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে রেজিনের (Resin) মত পদার্থ পাওয়া যায়।

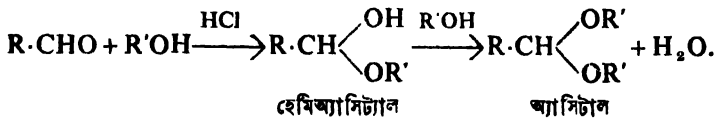
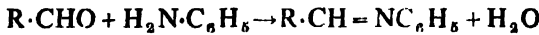
$$2CH_3{\cdot}CHO \rightarrow CH_3{\cdot}CH{=}CH{\cdot}CHO \xrightarrow{CH_3CHO} CH_3{\cdot}CH{:}CH{\cdot}CH(OH)CH_2CHO \xrightarrow{-H_2O} CH_3{\cdot}CH{=}CH{\cdot}CH{=}CH{\cdot}CHO$$

5. ফরম্যালডিহাইড ব্যতীত অন্যান্য অ্যালডিহাইড যৌগে অ্যামোনিয়ার ইথার দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া যুত যৌগ প্রস্তুত করে।

$$CH_3{\cdot}CHO + NH_3 \rightarrow CH_3{\cdot}CH(OH)NH_2.$$

6. বিশুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালডিহাইড যৌগ কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রথমে হেমিঅ্যাসিট্যাল এবং পরে অ্যাসিটাল উৎপন্ন করে।

$$R{\cdot}CHO + R'OH \xrightarrow{HCl} R{\cdot}CH\begin{cases}OH\\OR'\end{cases} \xrightarrow{R'OH} R{\cdot}CH\begin{cases}OR'\\OR'\end{cases} + H_2O.$$

হেমিঅ্যাসিট্যাল অ্যাসিটাল

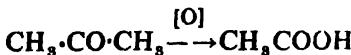
7. অ্যালডিহাইড যৌগ অ্যানিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় জলের অণু বিযুক্ত করে অ্যানিল (Anil) প্রস্তুত করে।

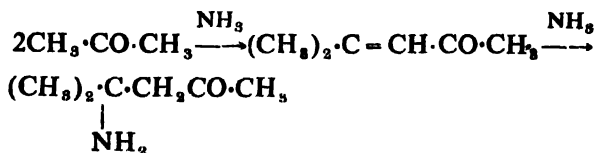
$$R{\cdot}CHO + H_2N{\cdot}C_6H_5 \rightarrow R{\cdot}CH{=}NC_6H_5 + H_2O$$

যে সকল বিক্রিয়া কেবলমাত্র কিটোন দেয়

1. কিটোন যৌগগুলি শিফ বিকারকের রঙ পুনরুদ্ধার করতে পারে না। তবে অ্যাসিটোন খুব ধীরে শিফ বিকারকের লালচে বেগুনী রঙ পুনরুদ্ধার করতে পারে।

2. ফেলিং দ্রবণ বা টলেনের বিকারক দিয়ে α-হাইড্রক্সি কিটোন ব্যতীত অন্যান্য কিটোনকে জারিত করা যায় না। কিন্তু ডাইক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিডের মত শক্তিশালী জারক পদার্থ দিয়ে কিটোনকে জারিত করা যায় এবং এক্ষেত্রে কিটোন জারিত হয়ে এক বা একাধিক কার্বক্সিল অ্যাসিড উৎপন্ন করে। কিন্তু উৎপন্ন অ্যাসিডের কার্বন পরমাণুর সংখ্যা কিটোনের কার্বনের সংখ্যা থেকে অবশ্যই কম হবে।

$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$$

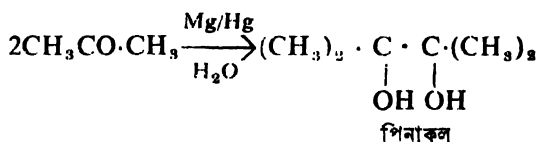
$$CH_3{\cdot}CO{\vdots}CH_2CH_3 \rightarrow CH_3{\cdot}CH_2COOH + CH_3COOH$$

3 কিটোন যৌগগুলি অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। অ্যাসিটোন অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালডল বিক্রিয়া ঘটায় এবং এক্ষেত্রে মেসিট্যাইল অক্সাইড ও ফোরোন প্রস্তুত করে, যারা অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় জটিল যৌগ উৎপন্ন করে।

$$2CH_3\cdot CO\cdot CH_3 \xrightarrow{NH_3} (CH_3)_2\cdot C=CH\cdot CO\cdot CH_3 \xrightarrow{NH_3} (CH_3)_2\cdot \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}\cdot CH_2CO\cdot CH_3$$

4. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে কিটোন কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। কিন্তু কিটোন ইথাইল অর্থোফরমেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কিট্যাল (Ketal) উৎপন্ন করে।

$$R_2CO + HC(OC_2H_5)_3 \rightarrow R_2C(OC_2H_5)_2 + HCO_2C_2H_5$$

5. প্রশমিত (Neutral) দ্রবণে কিটোন বিজারিত হয়ে পিনাকল (Pinacol) উৎপন্ন করে। যেমন অ্যাসিটোনকে ম্যাগনেশিয়াম পারদ সংকর ও জলের সাহায্যে বিজারণে পিনাকল উৎপন্ন হয়।

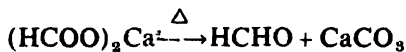
$$2CH_3CO\cdot CH_3 \xrightarrow[H_2O]{Mg/Hg} (CH_3)_2\cdot \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}\cdot \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}\cdot(CH_3)_2$$

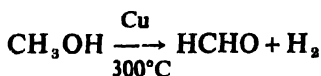
পিনাকল

ফরম্যালডিহাইড, মিথান্যাল (Formaldehyde, Methanal)

H·CHO

ফরম্যালডিহাইড অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড শ্রেণীর প্রথম সদস্য এবং এই শ্রেণীর অন্যান্য সদস্যদের থেকে এর কিছু স্বাতন্ত্র্য বৈশিষ্ট্য থাকে। গাছের সালোক-সংশ্লেষণ (Photosynthesis) সময় ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

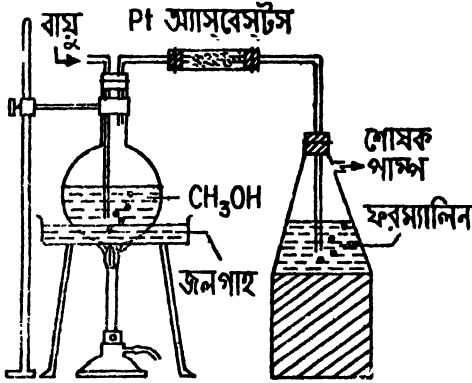
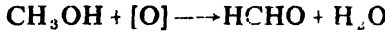
প্রস্তুতি : (1) ক্যালসিয়াম ফরমেটকে উত্তপ্ত করে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

$$(HCOO)_2Ca \xrightarrow{\Delta} HCHO + CaCO_3$$

(2) 300°C-এ তামার উপর মিথানল বাষ্প প্রবাহিত করে ডিহাইড্রোজিনেশানের দ্বারা ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_3OH \xrightarrow[300^\circ C]{Cu} HCHO + H_2$$

এই বিক্রিয়া দিয়ে ফরম্যালডিহাইডের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

(3) 400°C-এ কপার তারজালির (Copper gauze) বা প্লাটিনাম

অ্যাসবেস্টসের উপর দিয়ে বাতাস মেশানো মিথানল বাষ্প প্রবাহিত করলে মিথানল জারিত হয়ে ফরম্যালডিহাইডে পরিণত হয়।

$$CH_3OH + [O] \longrightarrow HCHO + H_2O$$

চিত্র 41

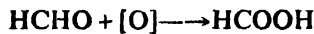
জলগাহের উপর একটি ফ্লাস্কে মিথানল নেওয়া হয়। এই ফ্লাস্কের মুখটি কর্কের সাহায্যে বন্ধ থাকে এবং এই কর্কের সঙ্গে দুটি কাচনল সংযুক্ত থাকে। একটি কাচনল মিথানলের মধ্যে প্রবেশ করানো থাকে এবং অপর কাচনলটি সামান্য ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করানো থাকে। এই কাচনলটির সঙ্গে প্লাটিনাম অ্যাসবেস্টস (অনুঘটক) রক্ষিত মোটা কাচনল যুক্ত থাকে; যার অপর প্রান্তটি কর্কের সাহায্যে একটি পার্শ্বনল যুক্ত শঙ্কু ফ্লাস্কের জলের মধ্যে প্রবেশ করান থাকে। শঙ্কু ফ্লাস্কের পার্শ্বনলটি পাম্পের সঙ্গে সংযুক্ত থাকে। অনুঘটক রক্ষিত নলটি 400°C-এ উত্তপ্ত করা হয় এবং জলগাহের জলকে 40°C-এ উত্তপ্ত করা হয়। এখন পাম্প চালু করলে বাতাস মিথানলের মধ্যে প্রবাহিত হলে মিথানল বাষ্পকে সঙ্গে নিয়ে অনুঘটক নলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। ফলে মিথানল অনুঘটকের উপস্থিতিতে বাতাসের অক্সিজেনের দ্বারা জারিত হয়ে ফরম্যালডিহাইডে পরিণত হয় এবং শঙ্কু ফ্লাস্কের জলে দ্রবীভূত হয়। এই বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক বিক্রিয়া এবং বিক্রিয়াটি একবার আরম্ভ হলে অনুঘটক নলটিকে উত্তপ্ত করার প্রয়োজন হয় না, কারণ এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপ অনুঘটককে প্রয়োজনীয় তাপ সরবরাহ করে।

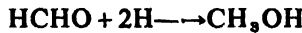
ফরম্যালডিহাইডের 40% জলীয় দ্রবণকে ফরম্যালিন (Formalin) বলে, এতে ৪%-এর মত মিথানল থাকে।

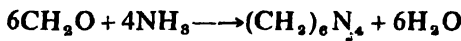
ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ অ্যালডিহাইড শ্রেণীর সদস্যদের মধ্যে ফরম্যালডিহাইড কেবলমাত্র গ্যাসীয় পদার্থ। এটির গন্ধ ঝাঁঝালো ও অস্বস্তিকর। এটি বিষাক্ত ও বীজাণুনাশক (Antiseptic)।

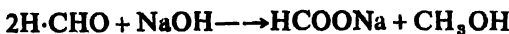
রাসায়নিক ধর্ম ঃ (1) ফরম্যালডিহাইডকে সহজেই জারিত করে ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়।

$$HCHO + [O] \longrightarrow HCOOH$$

(2) ফরম্যালডিহাইডকে বিজারণে মিথানলে পরিণত করা যায়।

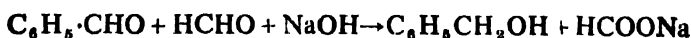
$$HCHO + 2H \longrightarrow CH_3OH$$

(3) অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফরম্যালডিহাইড হেক্সামেথিলিন টেট্রাঅ্যামিন গঠন করে। এটি ওষুধ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

$$6CH_2O + 4NH_3 \longrightarrow (CH_2)_6N_4 + 6H_2O$$

(4) সাধারণ উষ্ণতায় ফরম্যালডিহাইড বাষ্প রাখলে সাদা কেলাসাকার পদার্থে পরিণত হয়। যাকে মেটাফরম্যালডিহাইড $[(CH_2O)_3]$ বলে। কিন্তু ফরম্যাল-ডিহাইডের জলীয় দ্রবণকে বাষ্পীভূত করলে আর একপ্রকার কেলাসাকার পদার্থ পাওয়া যায় যাকে প্যারাফরম্যালডিহাইড $[(CH_2O)_n \cdot nH_2O]$ বলে। আবার মৃদু ক্ষারের উপস্থিতিতে ফরম্যালডিহাইড ফরমোজে $(C_6H_{12}O_6)$ পরিণত হয়। এগুলিকে ফরম্যালডিহাইডের বহুগুণন (Polymer) দ্রব্য বলে।

5. **ক্যানিজারো বিক্রিয়া ঃ** ঘন ক্ষার দ্রবণের উপস্থিতিতে অন্যান্য অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইডের মত ফরম্যালডিহাইড রজন (Resin) উৎপন্ন করে না। পক্ষান্তরে ফরম্যালডিহাইডের অর্ধাংশ ফরমিক অ্যাসিডে জারিত হয় এবং অপর অর্ধাংশ বিজারিত হয়ে মিথানলে পরিণত হয়। জারণ বিজারণ উভয় ক্রিয়া ফরম্যালডিহাইডের উপর সংঘটিত হয়। এই বিক্রিয়াটিকে ক্যানিজারো বিক্রিয়া বলে। যে সকল অ্যালডিহাইডের α হাইড্রোজেন পরমাণু নেই তারা ক্যানিজারো বিক্রিয়া দেয়।

$$2H \cdot CHO + NaOH \longrightarrow HCOONa + CH_3OH$$

অন্য অ্যালডিহাইড (যাতে α হাইড্রোজেন নেই) ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে "ক্রশড ক্যানিজারো" (Crossed Cannizzaro) বিক্রিয়া ঘটায়। যেমন বেনজ্যালডিহাইড

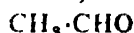
ও ফরম্যালডিহাইড মিশ্রণকে কস্টিক সোডা দ্রবণ সহযোগ ফোটালে ক্রশড ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় বেনজাইল কোহল ও ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5{\cdot}CHO + HCHO + NaOH \rightarrow C_6H_5CH_2OH + HCOONa$$

সনাক্তকরণ : (1) ফরম্যালডিহাইড শিফ বিকারকের রঙ পুনঃ প্রাপ্তি ঘটায়। (2) এটি ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে লাল কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত করে। এটি টলেনের বিকারককে বিজারিত করে সিলভার মিরর (Silver miror) উৎপন্ন করে।

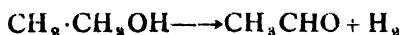
(3) ফরম্যালডিহাইড দ্রবণে সদ্য প্রস্তুত পাইরোগ্যালল দ্রবণ যোগ করে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগে আম্লিক করা হয়। কয়েক মিনিটের মধ্যে একটি সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়, যেটি তাড়াতাড়ি বেগুনী বর্ণে এবং পরে ঘন লাল বর্ণে পরিণত হয়। এই পরীক্ষাটি কেবল মাত্র ফরম্যালডিহাইড দেখায়।

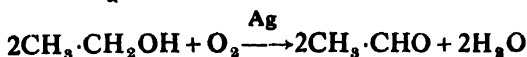
ব্যবহার : ফরম্যালডিহাইড শক্তিশালী বীজানুনাশক এবং পচনরোধকারী পদার্থ। মরা জীবজন্তু ফরম্যালিন দ্রবণে অনেকদিন পর্যন্ত অবিকৃত থাকে। চর্মশিল্পে ফরম্যালডিহাইড প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া রঙ, ঔষুধ এবং ফিনল ফরম্যালডিহাইড রঞ্জন প্রস্তুতিতে এটি প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

অ্যাসিট্যালডিহাইড, ইথান্যাল (Acetaldehyde, Ethanal)

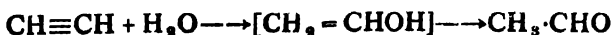
$CH_3{\cdot}CHO$

অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যালডিহাইড শ্রেণীর দ্বিতীয় সদস্য এবং অত্যন্ত প্রয়োজনীয় যৌগ। কোহলের সন্ধান বিক্রিয়ার সময় এটি উৎপন্ন হয়।

প্রস্তুতি : (1) 300°C-এ তামার উপর ইথানল বাষ্প প্রবাহিত করে অ্যাসিট্যালডিহাইডের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

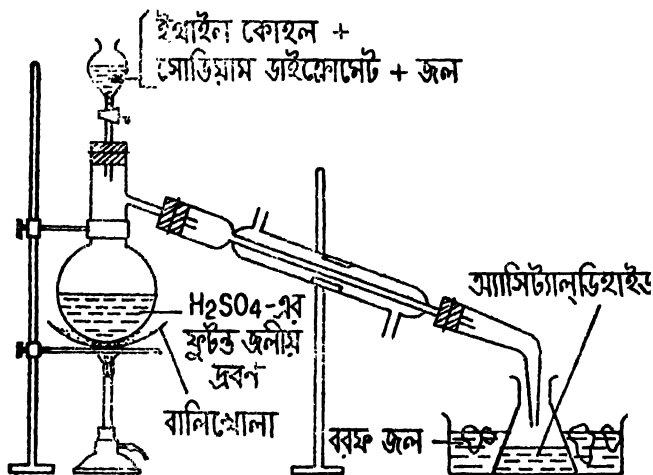
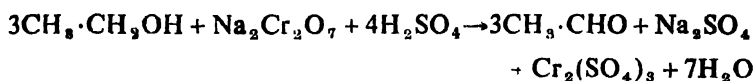
$$CH_3{\cdot}CH_2OH \longrightarrow CH_3CHO + H_2$$

(2) ইথানল বাষ্প ও বাতাস মিশ্রণকে 250°C-এ রূপা অনুঘটকের উপর দিয়ে প্রবাহিত করে এটি প্রস্তুত করা হয়।

$$2CH_3{\cdot}CH_2OH + O_2 \xrightarrow{Ag} 2CH_3{\cdot}CHO + 2H_2O$$

(3) আজকাল অ্যাসিটিলিন থেকে প্রচুর অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়। অ্যাসিটিলিন গ্যাসকে মারকিউরিক সালফেট মিশ্রিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে পরিচালিত করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

$$CH{\equiv}CH + H_2O \longrightarrow [CH_2{=}CHOH] \longrightarrow CH_3{\cdot}CHO$$

ক্ষণস্থায়ী ভিনাইল কোহল

4. ইথাইল কোহলকে সোডিয়াম বা পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট এবং সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ দিয়ে জারিত করে রসায়নাগারে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$3CH_3 \cdot CH_2OH + Na_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow 3CH_3 \cdot CHO + Na_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$

চিত্র 42

পার্শ্বনলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ নেওয়া হয়। ফ্লাস্কের সঙ্গে বর্কের সাহায্যে একটি বিন্দুপাতী ফানেল যুক্ত থাকে, যাতে ইথাইল কোহল এবং ডাইক্রোমেটের জলীয় দ্রবণ নেওয়া হয়। ফ্লাস্কের পার্শ্বনলটি লিবিগশীতকের সঙ্গে এবং শীতকের শেষ প্রান্তটিতে একটি অ্যাডপটার যুক্ত থাকে, যার তলায় গ্রাহক পাত্রটি বরফ মিশ্রিত জলের উপর বসান থাকে। শীতকটির মধ্য দিয়ে হিমশীতল জল পাঠান হয় এবং ফ্লাস্কটিকে বালি খোলায় উত্তপ্ত করা হয় এবং বিন্দুপাতী ফানেল দিয়ে কোহল ও ডাইক্রোমেট দ্রবণ বিন্দু বিন্দু করে ফ্লাস্কে যোগ করা হয়। এতে প্রবলভাবে বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়, যা অবিকৃত কোহল ও জলের সঙ্গে পাতিত হয়ে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। কোহল যোগ শেষ হওয়ার পরও ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করা হয় যতক্ষণ না পর্যন্ত অ্যাসিট্যালডিহাইডের পাতন শেষ হয়।

অনেক সময় ফ্লাস্কে ডাইক্রোমেটের জলীয় দ্রবণ নেওয়া হয় এবং বিন্দুপাতী ফানেল থেকে সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত কোহল যোগ করা হয়।

এইভাবে প্রস্তুত অ্যাসিট্যালডিহাইড বিশুদ্ধ নয়। এই অ্যাসিট্যালডিহাইডকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে রেখে জল ও কোহল অপসারিত করা হয়। এই অ্যাসিট্যালডিহাইডকে পাতন করে এর বাষ্পকে শুষ্ক ইথারের মধ্যে পরিচালিত করা হয়। এই ইথার দ্রবণে শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস পরিচালিত করলে অ্যাসিট্যাল-ডিহাইড অ্যামোনিয়ার কেলাস পাওয়া যায়। কেলাসকে পরিস্রাবণে আলাদা করে শুষ্ক করা হয় এবং পরে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করে পাতন করলে বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

ধর্ম

ভৌত ধর্ম : অ্যাসিট্যালডিহাইড বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন ও উদ্বায়ী তরল। জলে দ্রাব্য এবং স্ফুটনাঙ্ক 21°C। এটি বর্ণহীন শিখায় জ্বলে। আঃ গুঃ 0·781।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) যুতযৌগ বিক্রিয়া : অ্যাসিট্যালডিহাইড হাইড্রোজেন; হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া, সোডিয়াম বাই-সালফাইট, গ্রিগনার্ড বিকারক, কোহল ইত্যাদির সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রতিক্ষেত্রে যুতযৌগ প্রস্তুত করে। বিক্রিয়কগুলি অ্যাসিট্যালডিহাইডের কার্বনিল মূলকের দ্বিযোজকে সংযুক্ত হয়।

$$CH_3\cdot CHO$$

$$+H_2 \longrightarrow CH_3\cdot CH_2OH.$$

$$+HCN \longrightarrow CH_3\cdot CH(OH)CN$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড সায়ানোহাইড্রিন

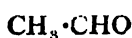
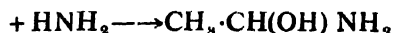
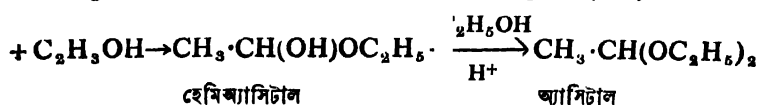
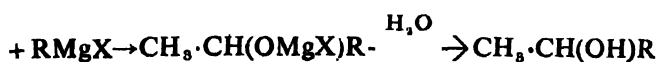
$$+HNH_2 \longrightarrow CH_3\cdot CH(OH)\ NH_2$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া

$$+NaHSO_3 \longrightarrow CH_3\cdot CH(OH)SO_3Na.$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড সোডিয়াম বাই-সালফাইট যৌগ।

$$+RMgX \rightarrow CH_3\cdot CH(OMgX)R \xrightarrow{H_2O} CH_3\cdot CH(OH)R$$

$$+C_2H_5OH \rightarrow CH_3\cdot CH(OH)OC_2H_5 \xrightarrow[H^+]{C_2H_5OH} CH_3\cdot CH(OC_2H_5)_2$$

হেমিঅ্যাসিটাল অ্যাসিটাল

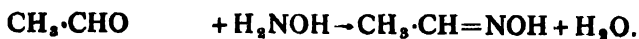
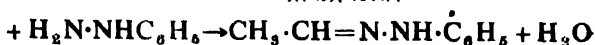
2. জলবিযুক্ত বিক্রিয়া : অ্যাসিট্যালডিহাইড হাইড্রোক্সিল অ্যামিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন সেমিকার্বাজাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রতি ক্ষেত্রে জলের অণু বিযুক্ত করে যথাক্রমে অক্সিম, ফিনাইল হাইড্রাজোন, সেমিকার্বাজোন উৎপন্ন করে।

$$CH_3{\cdot}CHO \quad + H_2NOH \rightarrow CH_3{\cdot}CH{=}NOH + H_2O.$$

অ্যাসিট্যালডক্সিম

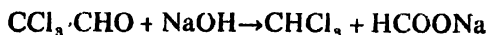
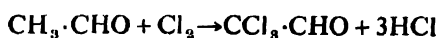
$$+ H_2N{\cdot}NHC_6H_5 \rightarrow CH_3{\cdot}CH{=}N{\cdot}NH{\cdot}C_6H_5 + H_2O$$

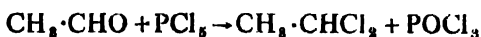
ফিনাইল হাইড্রোজেন

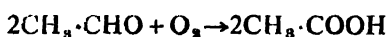
$$+ H_2N{\cdot}NH{\cdot}CO{\cdot}NH_2 \rightarrow CH_3{\cdot}CH{=}N{\cdot}NHCONH_2 + H_2O.$$

সেমিকার্বাজোন

3. অ্যাসিট্যালডিহাইড ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ট্রাইক্লোরো অ্যাসিট্যালডিহাইড ($CCl_3{\cdot}CHO$) ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ট্রাইক্লোরো অ্যাসিট্যাল-ডিহাইডকে ক্ষার দ্রবণ দিয়ে আদ্র্ বিশ্লেষিত করলে ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায়।

$$CH_3{\cdot}CHO + Cl_2 \rightarrow CCl_3{\cdot}CHO + 3HCl$$

$$CCl_3{\cdot}CHO + NaOH \rightarrow CHCl_3 + HCOONa$$

4. অ্যাসিট্যালডিহাইড ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথিলিডিন ক্লোরাইড ও ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$CH_3{\cdot}CHO + PCl_5 \rightarrow CH_3{\cdot}CHCl_2 + POCl_3$$

5. ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট-অক্সাইডের উপস্থিতিতে বাতাস (অক্সিজেন) অ্যাসিট্যাল-ডিহাইডকে জারিত করে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

$$2CH_3{\cdot}CHO + O_2 \rightarrow 2CH_3{\cdot}COOH$$

টলেনের বিকারক বা ফেলিং দ্রবণ দিয়েও অ্যাসিট্যালডিহাইডকে জারিত করে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়। টলেন বিকারক বিজারিত হয়ে সিলভার মিরর (Silver mirror) এবং ফেলিং দ্রবণ বিজারিত হয়ে কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত হয়।

6. বহুগুণন বিক্রিয়া (Polymerisation) : অ্যাসিট্যালডিহাইডের বহুগুণন হওয়ার প্রবণতা খুব বেশি। সাধারণ উষ্ণতায় অল্প পরিমাণ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্যারাঅ্যাসিট্যালডিহাইড $(CH_3{\cdot}CHO)_3$ নামে একপ্রকার বহুলক (Polymer) উৎপন্ন করে। এটি সুন্দর গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ, যাকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে পাতিত করলে আবার অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

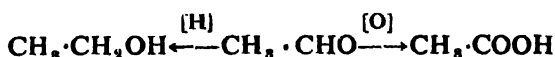
0°C-এ কয়েক ফোঁটা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে অ্যাসিট্যালডিহাইড মেটা অ্যাসিট্যালডিহাইড $(CH_3CHO)_4$ নামে সাদা কঠিনাকার বহুলকে পরিণত হয়। যার গলনাঙ্ক 246°C। এই বহুলকটিকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে পাতিত করলে পুনরায় অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়। মেটা অ্যাসিট্যালডিহাইড কঠিন জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

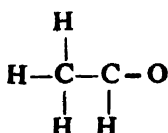
সনাক্তকরণ : (1) অ্যালডিহাইডের সকল সাধারণ বিক্রিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড দেখায়। (2) এটি ফেলিং দ্রবণ ও টলেন বিকারককে বিজারিত করতে পারে। (3) শিফ বিকারকের বর্ণ পুনঃপ্রাপ্তি ঘটায়। (4) অ্যাসিট্যালডিহাইডে আয়োডিন ও কস্টিক দ্রবণ যোগ করলে আয়োডোফর্মের হলুদ কেলাস পাওয়া যায়। (5) ক্ষারীয় দ্রবণে অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ লাল হয়।

ব্যবহার : অ্যাসিট্যালডিহাইড ইথাইল অ্যাসিটেট, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, ক্রোটোন্যালডিহাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। এর থেকে ওষুধ ও কঠিন জ্বালানী প্রস্তুত করা হয়।

গঠন : (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে অ্যাসিট্যাল-ডিহাইডের আণবিক সঙ্কেত C_2H_4O।

(2) অ্যাসিট্যালডিহাইডকে বিজারিত করলে প্রথমে ইথানল এবং পরে ইথেন পাওয়া যায় এবং জারিত করলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইথানল, ইথেন এবং অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রত্যেকটিতে মিথাইল মূলক আছে। সুতরাং এটি মনে করা খুবই সঙ্গত যে, অ্যাসিট্যালডিহাইডের জারণে বা বিজারণে মিথাইল মূলকের কিছু হয় না অর্থাৎ অক্ষত থাকে।

$$CH_3 \cdot CH_2OH \xleftarrow{[H]} CH_3 \cdot CHO \xrightarrow{[O]} CH_3 \cdot COOH$$

ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যাসিট্যালডিহাইডের বিক্রিয়ায় ইথিলিডিন ক্লোরাইড ও ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় না। সুতরাং অ্যাসিট্যালডিহাইডে হাইড্রক্সিল মূলক নেই এবং দুটি এক যোজ্যতা সম্পন্ন ক্লোরিন পরমাণু একটি দ্বিযোজ্যতা সম্পন্ন অক্সিজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করে। সুতরাং অ্যাসিট্যালডিহাইডে $>C=O$ কার্বনিল মূলক আছে। কার্বনের যোজ্যতা চার, হাইড্রোজেনের এক এবং অক্সিজেনের দুই যোজ্যতা ধরলে অ্যাসিট্যাল-ডিহাইডের গঠন হবে

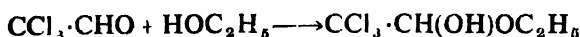
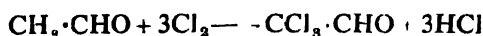
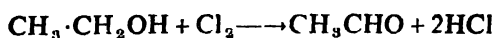
```
     H
     |
H—C—C—O
     |   |
     H  H
```

ক্লোরাল (Chloral), ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিট্যালডিহাইড (Trichloro acetaldehyde) $CCl_3 \cdot CHO$

ক্লোরাল অ্যাসিট্যালডিহাইডের সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ ক্লোরোজাতক। এক সময় এটি সম্মোহক পদার্থ (ওষুধ) হিসেবে প্রচুর ব্যবহৃত হতো।

প্রস্তুতি : নির্জল ইথানলে 60°C-এ শুষ্ক ক্লোরিন্ পরিচালিত করে ক্লোরাল প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হতে কয়েক দিন সময় লাগে। ক্লোরাল উৎপন্ন হলে এটি অতিরিক্ত কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্লোরাল অ্যালকোহলেট্ (Chloral alcoholate) উৎপন্ন করে।

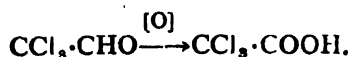
$$CH_3 \cdot CH_2OH + Cl_2 \longrightarrow CH_3CHO + 2HCl$$

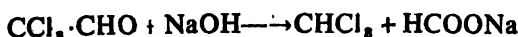
$$CH_3 \cdot CHO + 3Cl_2 \longrightarrow CCl_3 \cdot CHO + 3HCl$$

$$CCl_3 \cdot CHO + HOC_2H_5 \longrightarrow \underset{\text{ক্লোরাল অ্যালকোহলেট}}{CCl_3 \cdot CH(OH)OC_2H_5}$$

ক্লোরাল অ্যালকোহলেটকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করে ক্লোরালকে পাতিত করা হয়। এই ক্লোরালে যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থাকে তাকে খড়িমাটি (Chalk) দিয়ে প্রশমিত করে পুনঃপাতিত করলে বিশুদ্ধ ক্লোরাল পাওয়া যায়।

ক্লোরাল ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত তেলের মত তরল। স্ফুটনাঙ্ক 98°C। জল, ইথানল ও ইথারে এটি দ্রাব্য।

ক্লোরাল অ্যালডিহাইডের সকল সাধারণ বিক্রিয়াসমূহ দেখায়। যেমন এটি সোডিয়াম বাই-সালফাইটের সঙ্গে যুতযোগ সৃষ্টি করে। টলেনের বিকারককে বিজারিত করে এবং নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হয়ে ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$CCl_3 \cdot CHO \xrightarrow{[O]} CCl_3 \cdot COOH.$$

ক্লোরালকে কস্টিক দ্রবণের সঙ্গে পাতিত করলে বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায়।

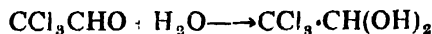
$$CCl_3 \cdot CHO + NaOH \longrightarrow CHCl_3 + HCOONa$$

ক্লোরাল জল ও কোহলের সঙ্গে অস্বাভাবিকভাবে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে কেলাসাকার ক্লোরাল হাইড্রেট [$CCl_3 \cdot CH(OH)_2$] ও কেলাসাকার ক্লোরাল অ্যালকোহলেট [$CCl_3 \cdot CH(OC_2H_5)_2$] উৎপন্ন করে।

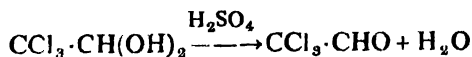
জৈবযৌগের কোন কার্বন পরমাণুতে যদি একাধিক হাইড্রক্সিল মূলক থাকে তবে সেই যৌগটি অস্থায়ী হয় এবং ঐ যৌগ থেকে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে অ্যালডিহাইড, কিটোন বা কার্বক্সিল যৌগে পরিণত হয়। কিন্তু ক্লোরাল হাইড্রেট হলো এর ব্যতিক্রম।

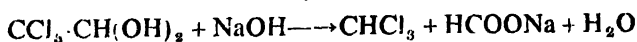
ব্যবহার ঃ ক্লোরাল একসময় সম্মোহক পদার্থ (ঔষুধ) হিসেবে ব্যবহৃত হতো। এছাড়া বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম এবং D.D.T. উৎপাদনে এটি ব্যবহৃত হয়।

ক্লোরাল-হাইড্রেট (Chloral-hydrate) $CCl_3 \cdot CH(OH)_2$

ক্লোরাল জলের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে ক্লোরাল-হাইড্রেট উৎপন্ন করে।

$$CCl_3CHO + H_2O \longrightarrow CCl_3 \cdot CH(OH)_2$$

ক্লোরাল হাইড্রেট বর্ণহীন কেলাসাকার পদার্থ। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্লোরাল উৎপন্ন হয়।

$$CCl_3 \cdot CH(OH)_2 \xrightarrow{H_2SO_4} CCl_3 \cdot CHO + H_2O$$

কস্টিক সোডার সঙ্গে উত্তপ্ত করলে বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায়।

$$CCl_3 \cdot CH(OH)_2 + NaOH \longrightarrow CHCl_3 + HCOONa + H_2O$$

সম্মোহক পদার্থ হিসেবে এবং বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতিতে এটি ব্যবহৃত হয়।

কিটোন সমূহ (Ketones)

যে কিটোনে অ্যালকাইল মূলক দুটি অভিন্ন তাকে সরল কিটোন (Simple Ketone) এবং যে কিটোনে অ্যালকাইল মূলক দুটি বিভিন্ন তাকে মিশ্র কিটোন (Mixed Ketone) বলে। অ্যাসিটোন ($CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$) সরল কিটোন এবং ইথাইল মিথাইল কিটোন ($CH_3 \cdot COC_2H_5$) মিশ্র কিটোনের উদাহরণ।

নামকরণ প্রস্তুতের সাধারণ পদ্ধতি সমূহ এবং সাধারণ বিক্রিয়া আগে বর্ণিত হয়েছে।

অ্যাসিটোন, ডাইমিথাইল কিটোন, প্রোপানোন

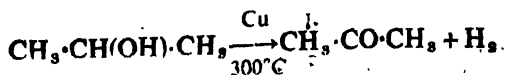
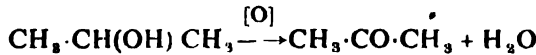
(Acetone, Dimethyl Ketone, Propanone) $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$

কিটোন শ্রেণীর প্রথম সদস্য।

প্রস্তুতি ঃ (1) দ্বিতীয়ক কোহল (Secondary alcohol) আইসো-প্রোপানলকে 300°C-এ তামার উপর প্রবাহিত করে অ্যাসিটোন প্রস্তুত করা হয়। (হাইড্রোজেন বিযুক্তির দ্বারা)

$$CH_3 \cdot CH(OH) \cdot CH_3 \xrightarrow[300°C]{Cu} CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 + H_2$$

(2) আইসোপ্রোপানলকে জারণ করে অ্যাসিটোন প্রস্তুত করা হয়।

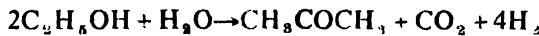
$$CH_3 \cdot CH(OH)\, CH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 + H_2O$$

(3) ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট লবণকে শুষ্ক পাতন করলে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।

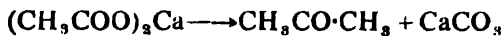
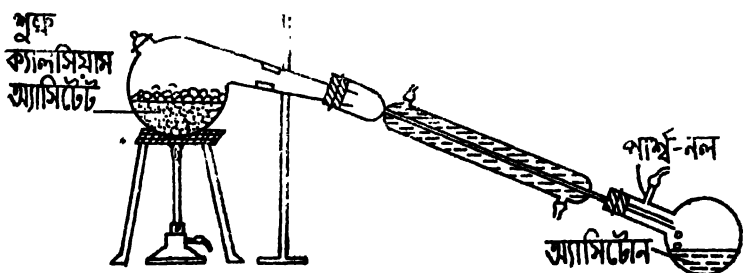
$$(CH_3 \cdot COO)_2Ca \longrightarrow CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 + CaCO_3$$

(4) 300°-400°C-এ অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বাষ্পকে থোরিয়াম ডাই-অক্সাইড বা ম্যাঙ্গানাস অক্সাইডের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।

$$2CH_3 \cdot COOH \xrightarrow{ThO_2} CH_3COCH_3 + CO_2 + H_2O$$

(5) 500°C-এ জিংক ক্রোমাইট অনুঘটকের উপর দিয়ে ইথানল ও জলীয় বাষ্প মিশ্রণকে প্রবাহিত করলে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।

$$2C_2H_5OH + H_2O \rightarrow CH_3COCH_3 + CO_2 + 4H_2$$

রসায়নাগারে প্রস্তুতি : অনার্দ্র ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটের শুষ্ক পাতন দ্বারা অ্যাসিটোন প্রস্তুত করা হয়।

$$(CH_3COO)_2Ca \longrightarrow CH_3CO \cdot CH_3 + CaCO_3$$

অনার্দ্র ও বিশুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে বকযন্ত্রে নিয়ে বকযন্ত্রের মুখের সঙ্গে লিবিগ শীতক এবং শীতকের শেষ প্রান্তে পার্শ্বনলযুক্ত গ্রাহক পাত্র যুক্ত থাকে। পার্শ্বনলটির সঙ্গে রাবার নল যুক্ত থাকে যার শেষ প্রান্তটি অপবাহিকায় (Sink) প্রবেশ করান থাকে। বকযন্ত্রটিকে উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটোন পাতিত হয়ে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। এই অবিশুদ্ধ অ্যাসিটোনে সংপৃক্ত সোডিয়াম বাই-সালফাইট দ্রবণ যোগ করে ঝাঁকালে

চিত্র 43

অ্যাসিটোন সোডিয়াম বাই-সালফাইট যুতযৌগের কেলাস পৃথক হয়ে পড়ে। এই কেলাসকে ব্লটিং কাগজ দিয়ে শুষ্ক করে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করে

অ্যাসিটোনকে পাতিত করে নেওয়া হয় এবং এই অ্যাসিটোনের সংস্পর্শে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড রেখে জল অপসারিত করার পর পাতন করলে বিশুদ্ধ অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।

পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড থেকে মিথানল প্রস্তুতকালে অ্যাসিটোনও পাওয়া যায়। কিন্তু এই অ্যাসিটোনে সর্বদা মিথানল থাকে। মিথানল যুক্ত অ্যাসিটোনকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দিয়ে মিথানলকে অপসারিত করার পর অ্যাসিটোনকে পাতিত করে নেওয়া হয়।

অ্যাসিটোন বর্ণহীন সুগন্ধযুক্ত উদ্বায়ী তরল। স্ফুটনাঙ্ক 56°C। এটি জল অপেক্ষা হাল্কা এবং জলে, কোহলে ও ইথারে দ্রাব্য। অ্যাসিটোন জ্বলনশীল পদার্থ এবং দহনে হাল্কা নীলশিখায় জ্বলে।

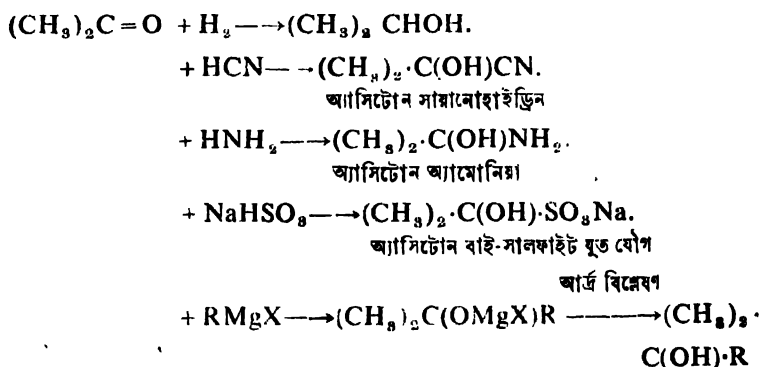
রাসায়নিক ধর্ম : (1) **যুতযৌগ বিক্রিয়া :** অ্যাসিটোন হাইড্রোজেন, হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া, সোডিয়াম বাই-সালফাইট, গ্রিগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রতিক্ষেত্রে যুতযৌগ গঠন করে।

$$(CH_3)_2C=O + H_2 \longrightarrow (CH_3)_2\,CHOH.$$

$$+ HCN \longrightarrow (CH_3)_2 \cdot C(OH)CN.$$
অ্যাসিটোন সায়ানোহাইড্রিন

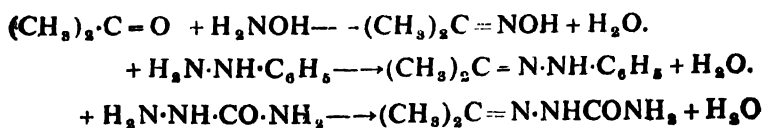
$$+ HNH_2 \longrightarrow (CH_3)_2 \cdot C(OH)NH_2.$$
অ্যাসিটোন অ্যামোনিয়া

$$+ NaHSO_3 \longrightarrow (CH_3)_2 \cdot C(OH) \cdot SO_3Na.$$
অ্যাসিটোন বাই-সালফাইট যুত যৌগ

$$+ RMgX \longrightarrow (CH_3)_2C(OMgX)R \xrightarrow{\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}} (CH_3)_2 \cdot C(OH) \cdot R$$

2. **জলবিযুক্ত বিক্রিয়া :** অ্যাসিটোন হাইড্রক্সিল অ্যামিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন সেমিকার্বাজাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রতি ক্ষেত্রে জলের অণু বিযুক্ত করে যথাক্রমে অক্সিম, হাইড্রাজোন ও সেমিকার্বাজোন উৎপন্ন করে।

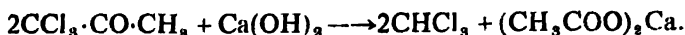
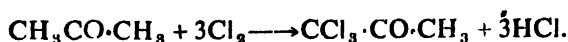
$$(CH_3)_2 \cdot C=O + H_2NOH \longrightarrow (CH_3)_2C=NOH + H_2O.$$

$$+ H_2N \cdot NH \cdot C_6H_5 \longrightarrow (CH_3)_2C=N \cdot NH \cdot C_6H_5 + H_2O.$$

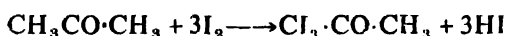
$$+ H_2N \cdot NH \cdot CO \cdot NH_2 \longrightarrow (CH_3)_2C=N \cdot NHCONH_2 + H_2O$$

3. অ্যাসিটোন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রথমে মনোক্লোরো অ্যাসিটোনে এবং অবশেষে হেক্সাক্লোরো অ্যাসিটোনে ($CCl_3 \cdot CO \cdot CCl_3$) পরিণত হয়।

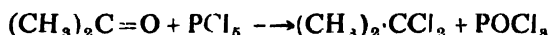
4. অ্যাসিটোন ব্লিচিং পাউডার দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্লোরোফর্ম ও ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে।

$$CH_3CO{\cdot}CH_3 + 3Cl_2 \longrightarrow CCl_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + 3HCl.$$

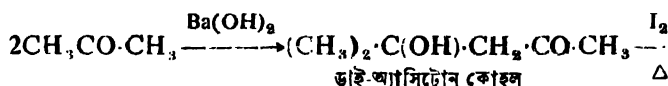
$$2CCl_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CHCl_3 + (CH_3COO)_2Ca.$$

5. অ্যাসিটোন আয়োডিন ও কস্টিক সোডা (বা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড) দ্রবণের উপস্থিতিতে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। অনুরূপভাবে ইথানল থেকে আয়োডোফর্ম পাওয়া যায় কিন্তু অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে কেবলমাত্র অ্যাসিটোন হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া ঘটায়, কিন্তু ইথানল বা অ্যাসিট্যালডিহাইড হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া ঘটাতে পারে না।

$$CH_3CO{\cdot}CH_3 + 3I_2 \longrightarrow CI_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + 3HI$$

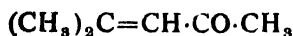
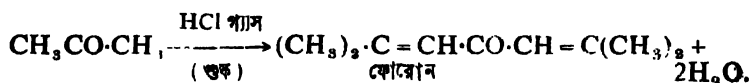
$$CI_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + NaOH \longrightarrow CHI_3 + CH_3COONa$$

6. ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটোন আইসোপ্রোপিলিডিন ক্লোরাইড বা 2:2 ডাই-ক্লোরো প্রোপেন উৎপন্ন করে।

$$(CH_3)_2C{=}O + PCl_5 \longrightarrow (CH_3)_2{\cdot}CCl_2 + POCl_3$$

7. অ্যাসিটোনকে জারিতকরা শক্ত, কিন্তু শক্তিশালী জারক দ্রব্য যেমন ডাইক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহারে অ্যাসিটোন অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$CH_3{\cdot}COCH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3COOH + CO_2 + H_2O$$

8. অ্যাসিটোন বহুলীভূত হয় না, কিন্তু সংঘনন বিক্রিয়ার দ্বারা মেসিটাইল অক্সাইড, ডাই-অ্যাসিটোন কোহল এবং ফোরোন (Phorone) উৎপন্ন হয়।

$$2CH_3CO{\cdot}CH_3 \xrightarrow{Ba(OH)_2} \underset{\text{ডাই-অ্যাসিটোন কোহল}}{(CH_3)_2{\cdot}C(OH){\cdot}CH_2{\cdot}CO{\cdot}CH_3} \xrightarrow[\Delta]{I_2}$$

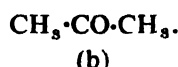
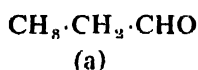
$$\underset{\text{মেসিটাইল অক্সাইড}}{(CH_3)_2C{=}CH{\cdot}CO{\cdot}CH_3}$$

$$CH_3CO{\cdot}CH_3 \xrightarrow[\text{(শুষ্ক)}]{HCl\ \text{গ্যাস}} \underset{\text{ফোরোন}}{(CH_3)_2{\cdot}C{=}CH{\cdot}CO{\cdot}CH{=}C(CH_3)_2} + 2H_2O.$$

সনাক্তকরণ : (1) অ্যাসিটোন সোডিয়াম বাই-সালফাইটের সঙ্গে কেলাসাকার যুতযৌগ গঠন করে। (2) কস্টিক সোডা ও সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ অ্যাসিটোনে যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ লাল হয়। (3) অ্যাসিটোনে আয়োডিন ও কস্টিক সোডা বা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করলে আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া

দেয়। ইথানল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া দেয় না (ইথানল ও অ্যাসিটোনের মধ্যে পার্থক্য)।

ব্যবহার : ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম, সুগন্ধি দ্রব্য ও ওষুধ প্রস্তুতিতে অ্যাসিটোন ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া দ্রাবক হিসেবে এবং অ্যাসিটিলিনকে স্থানান্তরে প্রচুর পরিমাণে অ্যাসিটোন ব্যবহৃত হয়।

গঠন : মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, অ্যাসিটোনের আণবিক সঙ্কেত C_3H_6O। অ্যাসিটোন ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আইসোপ্রোপিলিডিন ক্লোরাইড ($C_3H_6Cl_2$) উৎপন্ন করে এবং এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় না। এতে প্রমাণিত হয় যে অ্যাসিটোনে হাইড্রক্সিল মূলক নেই এবং একটি দ্বিযোজ্যতা সম্পন্ন অক্সিজেন পরমাণু দুটি একযোজ্যতা সম্পন্ন ক্লোরিন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। অতএব অ্যাসিটোন অণুতে কার্বনিল মূলক ($>C=O$) আছে। কার্বনের যোজ্যতা চার, হাইড্রোজেনের এক এবং অক্সিজেনের দুই ধরে অ্যাসিটোনের দুটি গঠন সম্ভব। যেমন,

$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CHO$ (a) $\qquad$ $CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3$. (b)

(a) গঠনটিতে অ্যালডিহাইড মূলক আছে। কিন্তু অ্যাসিটোন অ্যালডিহাইড যৌগের মত আচরণ করে না। অতএব (b) গঠনটি অ্যাসিটোনের হবে, অ্যাসিটোনের বিক্রিয়াগুলি এই (b) গঠন দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায়। যেমন অ্যাসিটোনকে বিজারিত করলে আইসোপ্রোপাইল কোহল পাওয়া যায় এবং আইসোপ্রোপাইল কোহলকে জারিত করলে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়। অতএব অ্যাসিটোনে অবস্থিত অক্সিজেন পরমাণু দ্বিতীয় কার্বনে যুক্ত থাকতেই হবে।

প্রশ্নাবলী

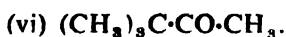
1. নামকরণ কর : (i) $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2CHO$

(ii) $(CH_3)_2CH{\cdot}CHO$

(iii)
$$\begin{array}{l} \quad\;\; CH_3 \\ \quad\;\;\; | \\ CH_3{\cdot}CH{\cdot}CH{\cdot}CH_2{\cdot}CHO \\ \qquad\quad\;\; | \\ \qquad\;\; C_2H_5 \end{array}$$

(iv) $CH_3 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$

(v) $(CH_3)_2 \cdot CHCO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$

(vi) $(CH_3)_3C \cdot CO \cdot CH_3$.

2. টীকা লেখ : (i) অক্সো প্রক্রিয়া (ii) স্টিফেন পদ্ধতি (iii) ক্লিমেনসেন বিজারণ (iv) মেরউইন পনডর্ফ ভারলে বিজারণ (v) সায়ানোহাইড্রিন (vi) অ্যালডল সংঘনন (vii) পিনাকল (viii) ক্যানিজারো বিক্রিয়া (ix) ক্লোরাল।

3. রসায়নাগারে ফরম্যালডিহাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। ফরম্যালিন কি? ফরম্যালডিহাইডকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়? কি কাজে HCHO লাগে?

4. অ্যাসিট্যালডিহাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? চিত্রসহ বিবৃত কর। HCHO থেকে $CH_3 \cdot CHO$-কে কি উপায়ে পার্থক্য করা যায়?

5. অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কি শর্তে বিক্রিয়া করবে এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ কি হবে? (i) H_2 (ii) HCN (iii) $NaHSO_3$ (iv) $I_2/NaOH$ (v) CH_3MgI (vi) $C_6H_5 \cdot NH \cdot NH_2$ (vii) NaOH.

6. রসায়নাগারে অ্যাসিটোনকে কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? অ্যাসিটোনকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়? অ্যাসিটোনের সঙ্গে কি শর্তে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি বিক্রিয়া করবে?—(i) H_2 (ii) HCN (iii) CH_3MgI (iv) NH_2OH (v) I_2/NH_4OH (vi) $Ba(OH)_2$.

১৩

স্নেহজ বা ফ্যাটি অ্যাসিড সমূহ
Fatty Acids

$$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$ বা —COOH মূলককে কার্বক্সিল (Carboxyl) মূলক বলে। এই কার্বক্সিল মূলকে কার্বনিল মূলক (>C=O) ও হাইড্রক্সিল (OH) মূলক আছে। যার থেকে এর নাম কার্বক্সিল (Carbonyl hydroxyl) করা হয়েছে। কার্বক্সিল মূলকে একটিমাত্র প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। অতএব যে জৈবযৌগে একটিমাত্র কার্বক্সিল মূলক আছে তাকে এক ক্ষারীয় অ্যাসিড, যাতে দুটি কার্বক্সিল মূলক আছে তাকে দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড ইত্যাদি বলে।

একক্ষারীয় অ্যালিফ্যাটিক কার্বক্সিল অ্যাসিডের সাধারণ সঙ্কেত R·COOH। যেখানে R=H বা অ্যালকাইল মূলক। এই শ্রেণীর অনেক সদস্যকে চর্বিতে গ্লিসারাইড হিসেবে পাওয়া যায় বলে এদের ফ্যাটি (Fatty) অ্যাসিড বলা হয়। বর্তমানে যে কোন অ্যালিফ্যাটিক একক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিডকে ফ্যাটি অ্যাসিড বা স্নেহজ অ্যাসিড বলে।

নামকরণঃ এই শ্রেণীর কিছু সদস্যদের প্রাচীনকাল থেকে জানা ছিল, যখন এই শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণের কোন সুনির্দিষ্ট নিয়মরীতি ছিল না, তখন এই শ্রেণীর কিছু সদস্যদের তাদের উৎস (Source) থেকে নামকরণ করা হতো। যেমন লাল পিঁপড়েকে পাতন করে যে অ্যাসিড পাওয়া যেত তাকে ফরমিক অ্যাসিড (Formic acid) বলা হতো। কারণ লাল পিঁপড়েকে ল্যাটিনে ফরমিকাম (Formicum) বলা হয়। সেরকমভাবে অ্যাসিটাম (Acetum) [মানে ভিনিগার] থেকে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড (Acetic acid) এবং বিউটির‍্যাম (Butyrum) [মানে butter বা মাখন] থেকে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাকে বিউটিরিক (Butyric) অ্যাসিড বলে।

ফরমিক অ্যাসিড ছাড়া অন্যান্য অ্যাসিডকে আর এক উপায়ে নামকরণ করা যায়। এক্ষেত্রে সকল ফ্যাটি অ্যাসিডকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের জাতক হিসেবে ধরা হয়। যেমন,

$CH_3·CH_2·COOH$-কে মিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড বলে।

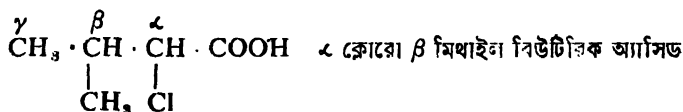
কারণ অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মিথাইল মূলকের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি মিথাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত। সেইভাবে,

$(CH_3)_3 \cdot C \cdot COOH$-কে ট্রাই-মিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড

$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$-কে ইথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড

$(CH_3)CH \cdot CH_2 \cdot COOH$-কে আইসোপ্রোপাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড বলে।

অ্যাসিড শৃংখলে অবস্থিত অন্যান্য মূলকের অবস্থান সুনির্দিষ্ট করবার জন্য গ্রীক অক্ষর দ্বারা সূচীত করা হয়। কার্বক্সিল মূলকের সঙ্গে যুক্ত কার্বন পরমাণুকে α এবং শৃংখলের অন্যান্য কার্বন পরমাণুগুলিকে ক্রমান্বয়ে β, γ ইত্যাদি দ্বারা সুনির্দিষ্ট করা হয়। যেমন,

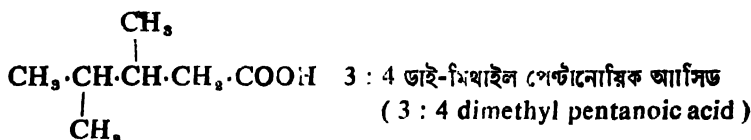
$$\overset{\gamma}{CH_3} \cdot \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\beta}{CH}} \cdot \underset{\displaystyle Cl}{\overset{\alpha}{CH}} \cdot COOH$$ α ক্লোরো β মিথাইল বিউটিরিক অ্যাসিড

IUPAC পদ্ধতি কোন একক্ষারীয় অ্যালিফ্যাটিক কার্বক্সিল অ্যাসিডের নামকরণ করতে হলে সেই অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলক সমেত দীর্ঘতম সরল কার্বন শৃংখলে যতগুলি কার্বন পরমাণু আছে ঠিক ততগুলি কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালকেনের (Alkane) নামের শেষ অংশ 'ই' (e)-কে 'ওয়িক' (oic) দ্বারা পরিবর্তন করে করা হয়। এই অ্যাসিডে অবস্থিত অন্যান্য মূলকের অবস্থান সংখ্যা দ্বারা সূচীত করা হয় এবং কার্বক্সিল মূলকের কার্বন পরমাণুর সংখ্যা 1 এবং শৃঙ্খলের অন্যান্য কার্বন পরমাণু যথাক্রমে 2, 3, 4 ইত্যাদি দ্বারা সূচীত করা হয়। যেমন,

HCOOH মিথানোয়িক অ্যাসিড (Methanoic acid)

$CH_3 \cdot COOH$ ইথানোয়িক অ্যাসিড (Ethanoic acid)

$CH_3 \cdot CH_2 \cdot COOH$ প্রোপানোয়িক অ্যাসিড (Propanoic acid)

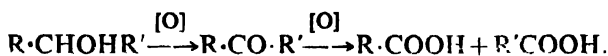
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CHCl \cdot COOH$ 2 ক্লোরো বিউটানোয়িক অ্যাসিড (2 chloro butanoic acid)

$$CH_3 \cdot \underset{\displaystyle CH_3}{CH} \cdot \overset{\displaystyle CH_3}{CH} \cdot CH_2 \cdot COOH$$ 3 : 4 ডাই-মিথাইল পেণ্টানোয়িক অ্যাসিড (3 : 4 dimethyl pentanoic acid)

প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ : (1) প্রাথমিক কোহল এবং অ্যালডিহাইডের জারণে ফ্যাটি অ্যাসিড পাওয়া যায় এবং অ্যাসিডে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা কোহল বা অ্যালডিহাইডের কার্বন পরমাণুর সঙ্গে সমান হয়। জারক দ্রব্য

হিসেবে ডাইক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিড বা অন্য কোন জারক পদার্থ ব্যবহার করা চলে।

$$R \cdot CH_2OH \xrightarrow{[O]} R \cdot CHO \xrightarrow{[O]} R \cdot COOH$$

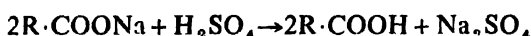
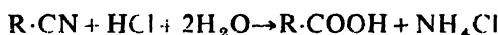
2. দ্বিতীয়ক কোহল এবং কিটোনের জারণে ফ্যাটি অ্যাসিড পাওয়া যায়। প্রাপ্ত অ্যাসিডে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা ব্যবহৃত কোহল বা কিটোনের থেকে সব সময় কম হবে। দ্বিতীয়ক কোহল এবং কিটোনকে জারণ করা একটু কঠিন। তাই এদের জারণ করতে শক্তিশালী জারক দ্রব্য প্রয়োজন।

$$R \cdot CHOHR' \xrightarrow{[O]} R \cdot CO \cdot R' \xrightarrow{[O]} R \cdot COOH + R'COOH.$$

মিশ্র কিটোনের ক্ষেত্রে দু প্রকার অ্যাসিড পাওয়া যায়।

3. লঘু সালফিউরিক বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ বা লঘু ক্ষার দ্রবণ দিয়ে অ্যালকাইল সায়ানাইড [নাইট্রাইল] RCN-এর আর্দ্র বিশ্লেষণে ফ্যাটি অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$R \cdot CN + HCl + 2H_2O \rightarrow R \cdot COOH + NH_4Cl$$

$$R \cdot CN + NaOH + H_2O \rightarrow R \cdot COONa + NH_3$$

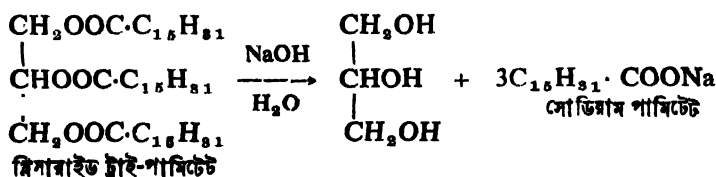
$$2R \cdot COONa + H_2SO_4 \rightarrow 2R \cdot COOH + Na_2SO_4$$

খনিজ (Mineral) অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণে মুক্ত (Free) ফ্যাটি অ্যাসিড পাওয়া যায়। কিন্তু ক্ষার দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষণে ফ্যাটি অ্যাসিডের লবণ পাওয়া যায়।

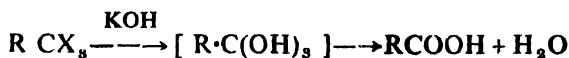
4. কম তাপমাত্রায় গ্রিগনার্ড বিকারকের (RMgX) সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যুতযৌগকে শীতল ও লঘু অজৈব অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ফ্যাটি অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$R \cdot MgX + CO_2 \rightarrow R \cdot CO_2MgX \xrightarrow{H^+} R \cdot CO_2H$$

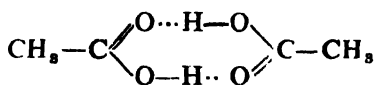
5. অ্যাসিড বা ক্ষারের উপস্থিতিতে এস্টারের (RCOOR′) আর্দ্র বিশ্লেষণে ফ্যাটি অ্যাসিড ও কোহল পাওয়া যায়। সাধারণত উচ্চ আণবিক গুরুত্ব সম্পন্ন গ্লিসারাইড এস্টার (চর্বি বা উদ্ভিজ্জ তেল) থেকে এই প্রক্রিয়ায় ফ্যাটি অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$\begin{array}{l} CH_2OOC \cdot C_{15}H_{31} \\ | \\ CHOOC \cdot C_{15}H_{31} \\ | \\ CH_2OOC \cdot C_{15}H_{31} \end{array} \xrightarrow[H_2O]{NaOH} \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} + 3C_{15}H_{31} \cdot COONa$$

গ্লিসারাইড ট্রাই-পামিটেট সোডিয়াম পামিটেট

6. ট্রাই-হ্যালো অ্যালকেনের (যাতে তিনটি হ্যালোজেন পরমাণু একটি কার্বনে যুক্ত) আর্দ্র বিশ্লেষণে ফ্যাটি অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$R\,CX_3 \xrightarrow{KOH} [\,R\cdot C(OH)_3\,] \longrightarrow RCOOH + H_2O$$

সাধারণ ধর্ম ঃ ফ্যাটি অ্যাসিডের প্রথম তিনটি সদস্য ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। C_4 থেকে C_9 বিশিষ্ট ফ্যাটি অ্যাসিডগুলি খারাপ গন্ধযুক্ত তেলের মত তরল পদার্থ। এছাড়া উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিডগুলি বর্ণহীন কঠিন পদার্থ।

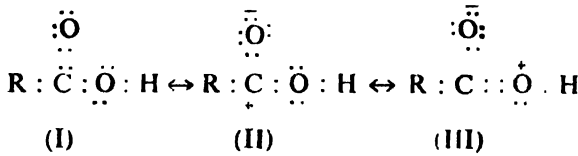
এই শ্রেণীর নিম্নতর সদস্যগুলি তাদের আণবিক গুরুত্ব অনুযায়ী যতটা উদ্বায়ী হওয়ার কথা তার চেয়ে এগুলি কম উদ্বায়ী; এই সদস্যগুলি নিজেদের অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধনী (Hydrogen bond) দ্বারা সংগুণিত (Associated) হয়। এই সংগুণনের ফলে ফ্যাটি অ্যাসিডদের নিম্নতর সদস্যদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বেশি হয়। বেনজিনের মত অনায়নীত দ্রাবকে (Non ionising) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করলে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্বের মান 120 আসে, যেটি আণবিক সঙ্কেত মানের (60) দ্বিগুণ।

$$CH_3-C\begin{matrix}\nearrow O\cdots H-O\searrow \\ \searrow O-H\cdots O\nearrow\end{matrix}C-CH_3$$

কার্বক্সিল মূলকের অম্লতা ঃ কার্বক্সিল মূলকের $(-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH)$ অবস্থিত কার্বক্সিল মূলকটির অক্সিজেন পরমাণু কার্বনের থেকে অধিকতর তড়িৎ ঋণাত্মক (Electronegative) হওয়ায় কার্বন-অক্সিজেন সমযোজকের (Covalent bond) ইলেকট্রন যুগল অক্সিজেন নিজের দিকে টেনে আনে। ফলে কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন ঘনত্বের (Electron density) ঘাটতি হয়। এই ঘাটতি পূরণের জন্য কার্বন হাইড্রক্সিল মূলকের অক্সিজেন সমযোজকের ইলেকট্রন যুগল নিজের দিকে টেনে আনে। এর ফলে কার্বনের ইলেকট্রন ঘাটতি পূরণ হয়, কিন্তু হাইড্রক্সিল মূলকের অক্সিজেনের ইলেকট্রন ঘনত্বের ঘাটতি দেখা দেয়। এই ঘাটতি পূরণ করতে অক্সিজেন-হাইড্রোজেন সমযোজকের ইলেকট্রন যুগল অক্সিজেন নিজের দিকে টেনে আনে। যার জন্য হাইড্রোজেন প্রোটন হিসেবে বিচ্ছিন্ন হওয়ার প্রবণতা বাড়ে।

ইলেকট্রন বণ্টনের দরুন একক্ষারীয় যে কোন কার্বক্সিল অ্যাসিডের তিনরকম

ইলেকট্রন বিন্যাস (Arrangement) হতে পারে। অবশ্য এই ইলেকট্রন বণ্টনের দরুন অণুতে অবস্থিত বিভিন্ন পরমাণুর অবস্থান ঠিক থাকে।

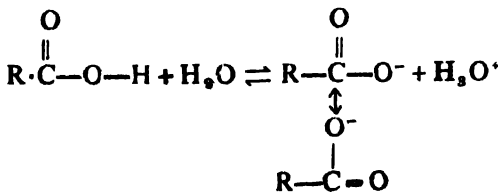
$$R:\ddot{C}(:\ddot{O}):\ddot{O}:H \leftrightarrow R:\overset{+}{C}(:\ddot{O}^{-}):\ddot{O}:H \leftrightarrow R:C(:\ddot{O}^{-})::\overset{+}{O}.H$$

(I) (II) (III)

যে কোন ফ্যাটি অ্যাসিডের অণুর তিনটি সংস্পন্দন (Resonance) গঠন হবে। ফ্যাটি অ্যাসিড জলে আয়নিত হলে কার্বক্সিলেট আয়ন ($-CO_2^-$) দুটি সংস্পন্দনশীল গঠন হয় এবং স্থায়িত্ব লাভ করে। কারণ ঋণাত্মক আধান বিস্তৃত হয়ে পড়ে, ফলে অ্যানায়নের সংস্পন্দন শক্তি অনায়নিত (unionised) অ্যাসিডের থেকে বেশি হয়। অতএব অ্যানায়নের অন্তর্শক্তি (Internal energy) অনায়নিত অ্যাসিডের থেকে কম হবে। [কোহলের ক্ষেত্রে অ্যালকক্সাইডের ঋণাত্মক মূলকটি সংস্পন্দের দ্বারা স্থায়িত্ব লাভ করতে পারে না। অতএব কোহলের থেকে কার্বক্সিল অ্যাসিডের সাম্যধ্রুবকের মান বেশি হবে। অর্থাৎ অ্যাসিডের pKa-এর মান কোহলের থেকে কম হবে। যৌগের pKa-এর মান যত কম হবে সেই যৌগের অ্যাসিডের তীব্রতা তত বেশি হবে। অতএব কোহলগুলি অ্যাসিডের থেকে মৃদুতর অ্যাসিড।] ফলে বিচ্ছিন্ন হাইড্রোজেন আয়ন কার্বক্সিলেট আয়নের সঙ্গে মিলিত হওয়ার প্রবণতা কমে। এর দরুন দ্রবণে প্রোটনের আধিক্য ঘটে। ফলে দ্রবণটি আম্লিক হয়ে পড়ে।

অ্যাসিড	pKa মান
প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড	4·87
আইসোবিউটিরিক অ্যাসিড	4·86
n বিউটিরিক "	4·82
অ্যাসিটিক "	4 76
ফরমিক "	3·75
ক্লোরো অ্যাসিটিক "	2·85
ডাই-ক্লোরো অ্যাসিটিক "	1·25
ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটিক "	0·66

$$R\cdot\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-H + H_2O \rightleftharpoons R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O^- + H_3O^+$$

$$\updownarrow$$

$$R-\underset{}{\overset{\overset{\displaystyle O^-}{|}}{C}}=O$$

কার্বক্সিলেট আয়নের ঋণাত্মক আধান কোন একটি অক্সিজেনের উপর স্থির নয়। অর্থাৎ কার্বক্সিলেট আয়নের উভয় অক্সিজেনের উপর সমভাবে বিস্তৃত হয়। এর জন্য কোন কার্বন অক্সিজেনের মধ্যে 100% দ্বিবন্ধ বা 100% একবন্ধ নেই। ফলে উভয় ক্ষেত্রেই কার্বন অক্সিজেন বন্ধন দৈর্ঘ্য দ্বিবন্ধ এবং একবন্ধের প্রায় মাঝামাঝি অবস্থায় থাকবে। পরীক্ষায় প্রমাণিত হয়েছে যে, কার্বন অক্সিজেন বন্ধন দৈর্ঘ্যের মান 1·27Å। C—O (একবন্ধন) এবং C = O (দ্বিবন্ধন) দৈর্ঘ্যের মান যথাক্রমে 1·43Å এবং 1·23Å।

এখন ফরমিক ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে ফরমিক অ্যাসিডের তীব্রতা (strenght) বেশি। কারণ মিথাইল মূলক ইলেকট্রন বিকর্ষী মূলক। এতে কার্বক্সিল মূলকের কার্বনের ইলেকট্রন ঘনত্বের ঘাটতি কিছুটা কমে। যার জন্য হাইড্রোজেনের প্রোটন হিসেবে বিচ্ছিন্ন হওয়ার প্রবণতা কমে। ফলে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের তীব্রতা কমে। ফরমিক অ্যাসিডে কার্বক্সিল মূলকের সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন (H·COOH) ইলেকট্রন আকর্ষীও নয় এবং বিকর্ষীও নয়। ফলে ফরমিক অ্যাসিডের তীব্রতা অ্যাসিটিক অ্যাসিডের থেকে বেশি।

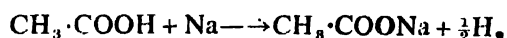
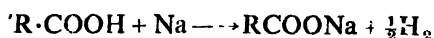
এখন অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মিথাইল মূলকের হাইড্রোজেন পরমাণু যদি অধিকতর ইলেকট্রন আকর্ষী মূলক বা পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়, সেক্ষেত্রে কার্বক্সিল মূলকের হাইড্রোজেন প্রোটন হিসেবে বিচ্ছিন্ন হওয়ার প্রবণতা বাড়বে এবং ইলেকট্রন বিকর্ষী মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে কার্বক্সিল মূলকের হাইড্রোজেন প্রোটন হিসেবে বিচ্ছিন্ন হওয়ার প্রবণতা কমবে। হাইড্রোজেনের প্রোটন হিসেবে বিচ্ছিন্ন হওয়ার প্রবণতার হ্রাস-বৃদ্ধি অনুযায়ী কোন অ্যাসিডের তীব্রতাও হ্রাস-বৃদ্ধি হবে। মিথাইল মূলক ইলেকট্রন বিকর্ষী বলে প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডের তীব্রতা অ্যাসিটিক অ্যাসিডের থেকে কম হবে। ক্লোরিন পরমাণু ইলেকট্রন আকর্ষী বলে মনো-ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিডের তীব্রতা অ্যাসিটিক অ্যাসিডের থেকে বেশি হবে। অ্যাসিডের তীব্রতার ক্রমানুযায়ী সাজালে হবে $CH_3CH_2COOH < CH_3COOH < ClCH_2COOH < Cl_2CHCOOH < CCl_3{\cdot}COOH$।

আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির ক্রমানুযায়ী ফ্যাটি অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। কিন্তু সরল শৃংখল ফ্যাটি অ্যাসিডের গলনাঙ্ক কোন সদস্য থেকে পরবর্তী সদস্যে বাড়ে বা কমে অর্থাৎ দোলকের মত আন্দোলিত হয়। জোড় সংখ্যা কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যাসিডের গলনাঙ্ক পরবর্তী বিজোড় অ্যাসিডের গলনাঙ্কের চেয়ে বেশি হয়।

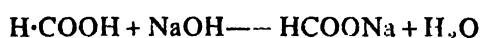
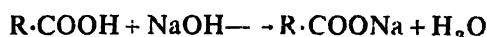
অ্যাসিডের নাম	গলনাঙ্ক °C	স্ফুটনাঙ্ক °C
ফরমিক অ্যাসিড HCOOH	8 4	100·5
অ্যাসিটিক অ্যাসিড $CH_3 \cdot COOH$	16 6	118
প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড C_2H_5COOH	– 22	141
n-বিউটিরিক অ্যাসিড C_3H_7COOH	– 5·5	168·5
n-ভ্যালেরিক অ্যাসিড C_4H_9COOH	– 34·5	187
n-ক্যাপ্রোয়িক অ্যাসিড $C_5H_{11} \cdot COOH$	– 1 5	202
n-হেপ্টোয়িক অ্যাসিড $C_6H_{13} \cdot COOH$	– 10·5	228
পামিটিক অ্যাসিড $C_{15}H_{31} \cdot COOH$	64	268
স্টিয়ারিক অ্যাসিড $C_{17} \cdot H_{35}COOH$	69	287

সাধারণ বিক্রিয়াসমূহ : (1) শক্তিশালী তড়িৎ ধনাত্মক ধাতব মৌল ফ্যাটি অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন মুক্ত হয় এবং লবণ উৎপন্ন হয়।

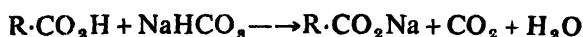
$$R \cdot COOH + Na \longrightarrow RCOONa + \frac{1}{2}H_2$$

$$CH_3 \cdot COOH + Na \longrightarrow CH_3 \cdot COONa + \frac{1}{2}H_2$$

(2) ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফ্যাটি অ্যাসিড প্রশমিত হয়ে লবণ ও জল উৎপন্ন হয়।

$$R \cdot COOH + NaOH \longrightarrow R \cdot COONa + H_2O$$

$$H \cdot COOH + NaOH \longrightarrow HCOONa + H_2O$$

সোডিয়াম ফরমেট

(3) ফ্যাটি অ্যাসিড খনিজ অ্যাসিডের চেয়ে কম শক্তিশালী হলেও কার্বনিক অ্যাসিডের (H_2CO_3) চেয়ে বেশি শক্তিশালী। তাই ফ্যাটি অ্যাসিড কার্বনেট বা বাই-কার্বনেট লবণ থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত করতে পারে।

$$R \cdot CO_2H + NaHCO_3 \longrightarrow R \cdot CO_2Na + CO_2 + H_2O$$

এই বিক্রিয়া দিয়ে কার্বক্সিল যৌগকে ফিনলের থেকে আলাদা করা হয়। কারণ ফিনল কার্বনেট বা বাই-কার্বনেট থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত করতে পারে না।

(4) ফ্যাটি অ্যাসিড কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটি উভমুখী এবং সাম্যাবস্থায় এস্টারের পরিমাণ কম থাকে। এস্টারের পরিমাণ বৃদ্ধি করার জন্য প্রভাবকের প্রয়োজন হয়। সাধারণত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড প্রভাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

$$R{\cdot}COOH + R'OH \rightleftharpoons R{\cdot}COOR' + H_2O$$
এস্টার

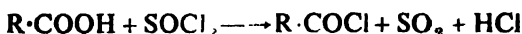
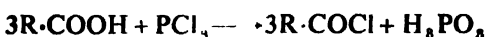
$$CH_3{\cdot}COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3{\cdot}COOC_2H_5 + H_2O$$
ইথাইল অ্যাসিটেট

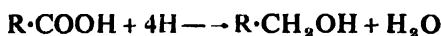
এই বিক্রিয়াকে এস্টারিফিকেশন (Esterification) বিক্রিয়া বলে।

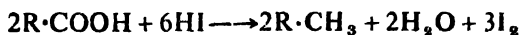
5. ফ্যাটি অ্যাসিড ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড, ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড বা থায়োনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড ক্লোরাইড (RCOCl) উৎপন্ন করে।

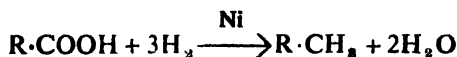
$$R{\cdot}COOH + PCl_5 \longrightarrow R{\cdot}COCl + POCl_3 + HCl$$

$$3R{\cdot}COOH + PCl_3 \longrightarrow 3R{\cdot}COCl + H_3PO_3$$

$$R{\cdot}COOH + SOCl_2 \longrightarrow R{\cdot}COCl + SO_2 + HCl$$

6. সাধারণ বিজারক পদার্থ দিয়ে ফ্যাটি অ্যাসিডকে বিজারিত করা যায় না। কিন্তু লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ফ্যাটি অ্যাসিডকে বিজারিত করে কোহলে পরিণত করে।

$$R{\cdot}COOH + 4H \longrightarrow R{\cdot}CH_2OH + H_2O$$

7. সব ফ্যাটি অ্যাসিড বিজারণ রোধক, কিন্তু অধিক চাপে ফ্যাটি অ্যাসিড হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অ্যালকেনে বিজারিত হয়।

$$2R{\cdot}COOH + 6HI \longrightarrow 2R{\cdot}CH_3 + 2H_2O + 3I_2$$

নিকেল প্রভাবকের উপস্থিতিতে ফ্যাটি অ্যাসিড অধিক চাপে ও তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত হয় এবং অ্যালকেন প্রস্তুত করে।

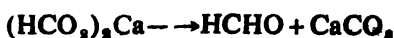
$$R{\cdot}COOH + 3H_2 \xrightarrow{Ni} R{\cdot}CH_3 + 2H_2O$$

8. ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে সোডালাইমের (CaO/NaOH) সঙ্গে উত্তপ্ত করলে প্যারাফিন পাওয়া যায়।

$$R{\cdot}CO_2Na + NaOH \longrightarrow R{\cdot}H + Na_2CO_3$$

9. ফ্যাটি অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম, বেরিয়াম বা থোরিয়াম লবণকে উত্তপ্ত করলে কিটোন পাওয়া যায়। কিন্তু ফরমিক অ্যাসিডের লবণকে উত্তপ্ত করলে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

$$(R{\cdot}COO)_2Ca \longrightarrow RCOR + CaCO_3$$

$$(CH_3{\cdot}COO)_2Ca \longrightarrow CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + CaCO_3$$

$$(HCO_2)_2Ca \longrightarrow HCHO + CaCO_3$$

ফ্যাটি অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণের সঙ্গে ক্যালসিয়াম ফর্মেট লবণ মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে অ্যালডিহাইড পাওয়া যায়। কিন্তু পার্শ্ব বিক্রিয়ার দরুন অ্যালডিহাইডের পরিমাণ কম হয়। কারণ ক্যালসিয়াম ফরমেটকে উত্তপ্ত করলে ফরম্যালডিহাইড এবং অন্য ফ্যাটি অ্যাসিডের লবণকে উত্তপ্ত করলে কিটোন পাওয়া যায়।

$$(R{\cdot}CO_2)_2Ca + (HCO_2)_2Ca \longrightarrow 2R{\cdot}CHO + 2CaCO_3$$

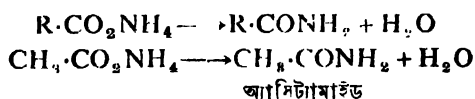
ফরমিক অ্যাসিড ছাড়া দুটি বিভিন্ন ফ্যাটি অ্যাসিডের লবণকে উত্তপ্ত করলে মিশ্র কিটোন পাওয়া যায়। এক্ষেত্রেও পার্শ্ব বিক্রিয়ার দরুন মিশ্র কিটোনের পরিমাণ কম হয়।

$$(RCO_2)_2Ca + (R'CO_2)_2Ca \longrightarrow 2R{\cdot}COR' + CaCO_3$$

10. ফ্যাটি অ্যাসিডের অ্যামোনিয়াম লবণকে উত্তপ্ত করলে অ্যাসিড অ্যামাইড পাওয়া যায়।

$$R{\cdot}CO_2NH_4 \longrightarrow R{\cdot}CONH_2 + H_2O$$

$$CH_3{\cdot}CO_2NH_4 \longrightarrow CH_3{\cdot}CONH_2 + H_2O$$

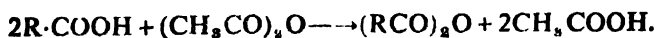
অ্যাসিটামাইড

11. ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম পটাশিয়াম লবণের ঘন জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে প্যারাফিন পাওয়া যায়।

$$2R{\cdot}CO_2K + 2H_2O \longrightarrow R{\cdot}R + 2CO_2 + 2KOH + H_2$$

12. হ্যালোজেন ফ্যাটি অ্যাসিডের অ্যালকাইল মূলকের α হাইড্রোজেনকে (কার্বক্সিল মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে α কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন) হ্যালোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপিত করতে পারে।

$$R{\cdot}CH_2COOH \xrightarrow{P/Br_2} R{\cdot}CHBr{\cdot}COOH \xrightarrow{P/Br_2} R{\cdot}CBr_2COOH$$

13. ফরমিক ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড ছাড়া অন্য ফ্যাটি অ্যাসিডকে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড $(RCO)_2O$ পাওয়া যায়।

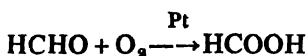
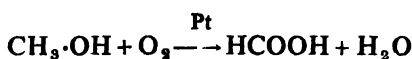
$$2R{\cdot}COOH + (CH_3CO)_2O \longrightarrow (RCO)_2O + 2CH_3COOH.$$

ফরমিক, মিথানোয়িক অ্যাসিড

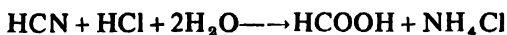
(Formic, Methanoic acid) HCOOH

ফ্যাটি অ্যাসিড শ্রেণীর প্রথম সদস্য। লাল পিঁপড়েকে পাতন করে সর্ব প্রথম এই অ্যাসিডকে প্রস্তুত করা হয়। বোলতা, মৌমাছি, পিঁপড়ের হুলে এই অ্যাসিডের অস্তিত্ব মেলে।

প্রস্তুতি : (1) রসায়নাগারে অক্সিজেন মেশানো মিথানল বা ফরম্যালডিহাইড বাষ্প প্ল্যাটিনাম ব্ল্যাক প্রভাবকের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে জারণের ফলে ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত হয়।

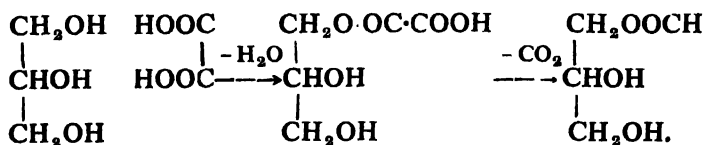
$$CH_3{\cdot}OH + O_2 \xrightarrow{Pt} HCOOH + H_2O$$

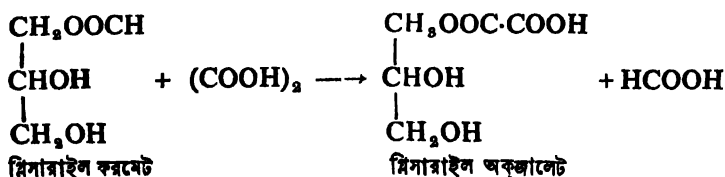
$$HCHO + O_2 \xrightarrow{Pt} HCOOH$$

(2) হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

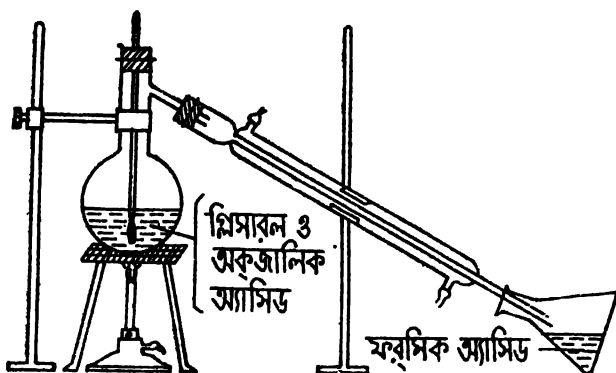
$$HCN + HCl + 2H_2O \longrightarrow HCOOH + NH_4Cl$$

(3) ক্লোরোফর্মকে কস্টিক পটাশ দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ফরমেট লবণ উৎপন্ন হয়। যাকে আম্লিক করলে ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$HCCl_3 + 3KOH \longrightarrow \left[HC(OH)_3\right] \xrightarrow{-H_2O} HCO_2H$$

4. অক্জালিক অ্যাসিডকে গ্লিসারল সহযোগে 100-110°C-এ উত্তপ্ত করে রসায়নাগারে ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। অক্জালিক অ্যাসিডের সঙ্গে গ্লিসারলের বিক্রিয়ায় প্রথমে গ্লিসারাইল মনোঅক্জালেট ও জল উৎপন্ন হয়। গ্লিসারাইল মনোঅক্জালেটকে (100-110°C-এ) উত্তপ্ত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড

$$\begin{matrix} CH_2OH & HOOC & & CH_2O{\cdot}OC{\cdot}COOH & & CH_2OOCH \\ | & | & & | & & | \\ CHOH & HOOC & \xrightarrow{-H_2O} & CHOH & \xrightarrow{-CO_2} & CHOH \\ | & & & | & & | \\ CH_2OH & & & CH_2OH & & CH_2OH. \end{matrix}$$

মুক্ত হয়ে গ্লিসারাইল ফরমেট উৎপন্ন হয়। এই গ্লিসারাইল ফরমেট অতিরিক্ত অক্জালিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফরমিক অ্যাসিড ও গ্লিসারাইল মনো-অক্জালেট পুনরায় উৎপন্ন করে।

$$\begin{matrix} CH_2OOCH & & & & CH_2OOC{\cdot}COOH & & \\ | & & & & | & & \\ CHOH & + & (COOH)_2 & \longrightarrow & CHOH & + & HCOOH \\ | & & & & | & & \\ CH_2OH & & & & CH_2OH & & \\ \text{গ্লিসারাইল ফরমেট} & & & & \text{গ্লিসারাইল অক্জালেট} & & \end{matrix}$$

একটি পার্শ্বনলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে শুষ্ক গ্লিসারল ও কঠিন অক্‌জালিক অ্যাসিড নেওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে কর্কের সাহায্যে একটি থার্মোমিটার এমনভাবে লাগানো থাকে যাতে থার্মোমিটারের বাল্বটি ফ্লাস্কে অবস্থিত তরলের মধ্যে ডুবানো থাকে। পার্শ্ব-নলটির সঙ্গে একটি লিবিগ শীতক যুক্ত থাকে এবং শীতকের শেষে একটি গ্রাহক পাত্র

চিত্র 44

থাকে। এখন ফ্লাস্কটিকে 100-110°C-এ উত্তপ্ত করা হয়। এতে গ্লিসারলের সঙ্গে অক্‌জালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড বার হতে থাকবে এবং ফরমিক অ্যাসিড পাতিত হয়ে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হবে। কার্বন ডাই-অক্সাইড বার হওয়া বন্ধ হলে ফ্লাস্কটিকে কিছুটা ঠাণ্ডা করে অতিরিক্ত অক্‌জালিক অ্যাসিড যোগ করে আবার উত্তপ্ত করা হয়। এতে আবার ফরমিক অ্যাসিড পাতিত হয়ে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হবে। এই বিক্রিয়ায় যে জল উৎপন্ন হয় তা ফরমিক অ্যাসিডের সঙ্গে পাতিত হয়ে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়।

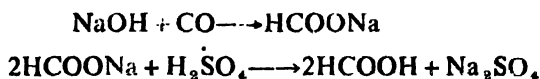
ফলে প্রাপ্ত ফরমিক অ্যাসিডে কিছু পরিমাণ জল থাকবে, যাকে আংশিক পাতন করে দূর করা যাবে না। কারণ ফরমিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক 100·5°C। আবার ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ফরমিক অ্যাসিডকে বিযোজিত করে বলে এর দ্বারা ফরমিক অ্যাসিডকে জলবিহীন করা যায় না।

অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড : যে ফরমিক অ্যাসিডে জল আছে, তাকে লেড কার্বনেট দিয়ে উত্তপ্ত করে প্রশমিত করা হয় এবং উত্তপ্ত অবস্থায় দ্রবণটিকে পরিস্রুত করা হয়। পরে দ্রবণটিকে ফুটিয়ে ঘন করলে লেড ফরমেট কেলাসিত হয়ে পড়ে। যাকে পরিস্রুতের দ্বারা আলদা করে শুষ্ক করা হয়। পরে শুষ্ক লেড ফরমেটের কেলাসের

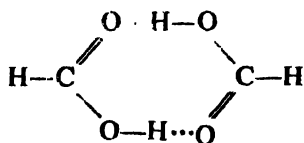
উপর শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পরিচালিত করলে অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড ও অদ্রাব্য লেড সালফাইড় উৎপন্ন হয়। পরিস্রাবণের দ্বারা' লেড সালফাইডকে আলাদা করে ফরমিক অ্যাসিডকে পুনরায় পাতিত করলে বিশুদ্ধ অনার্দ্র' ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

শিল্পোৎপাদন : 210°C-এ ও 6-10 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কস্টিক সোডার উপরে কার্বন মনোক্সাইড প্রবাহিত করলে সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম ফরমেটকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

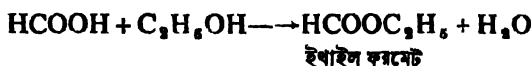
$$NaOH + CO \longrightarrow HCOONa$$

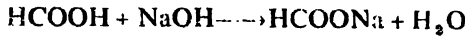
$$2HCOONa + H_2SO_4 \longrightarrow 2HCOOH + Na_2SO_4$$

ধর্ম

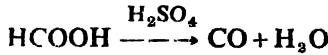
ভৌত ধর্ম : ফরমিক অ্যাসিড ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন ক্ষয়কর (Corrosive) তরল। জলের সঙ্গে যে কোন আয়তনে দ্রবণীয়। ফরমিক অ্যাসিডের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 8·4°C এবং 100·5°C। ফরমিক অ্যাসিড আমাদের শরীরে পড়লে ফোস্কার সৃষ্টি করে। ঘনত্ব 1·23। বাষ্পীয় অবস্থায় ফরমিক অ্যাসিড দ্বাণুক (Dimeric) অবস্থায় থাকে। হাইড্রোজেন বন্ধনীর জন্য এই দ্বাণুক অবস্থা হয় বলে বিশ্বাস করা হয়। তরল অবস্থায় সংযোজন (Association) অনেক বেশি হয়। ফলে ফরমিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক অনুরূপ অ্যালকেনের থেকে অনেক বেশি।

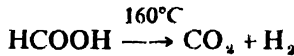
```
        O · H—O
       //       \
H—C              C—H
       \       //
        O—H···O
```

ফরমিক অ্যাসিড অজৈব অ্যাসিডের থেকে দুর্বল হলেও এই শ্রেণীর অন্যান্য সমগণের থেকে অনেক বেশি শক্তিশালী।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) ফরমিক অ্যাসিড যথেষ্ট শক্তিশালী হওয়ায়, এটি অনুঘটক ব্যতীত কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন করতে পারে।

$$HCOOH + C_2H_5OH \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল ফরমেট}}{HCOOC_2H_5} + H_2O$$

(2) ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফরমিক অ্যাসিড লবণ ও জল উৎপন্ন করে। ফরমিক অ্যাসিডের সোডিয়াম পটাশিয়াম লবণ জলে দ্রাব্য, কিন্তু সিলভার, লেড লবণগুলি জলে অদ্রাব্য।

$$HCOOH + NaOH \longrightarrow HCOONa + H_2O$$

(3) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ফরমিক অ্যাসিড জল ও কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

$$HCOOH \xrightarrow{H_2SO_4} CO + H_2O$$

(4) 160°C-এ ও অধিক চাপে ফরমিক অ্যাসিড কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়।

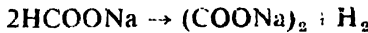
$$HCOOH \xrightarrow{160°C} CO_2 + H_2$$

(5) অতিরিক্ত ক্ষারের সঙ্গে ফরমেট লবণকে (ধাতব) উত্তপ্ত করলে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

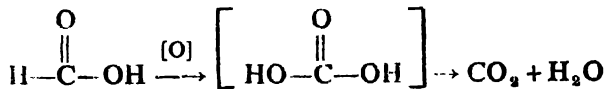
$$HCOONa + NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2$$

(6) ক্যালসিয়াম ফরমেটকে উত্তপ্ত করলে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

$$(HCOO)_2Ca \rightarrow H{\cdot}CHO + CaCO_3$$

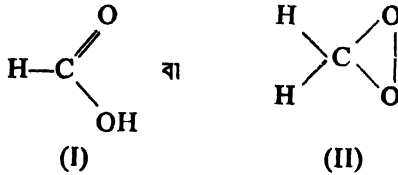
(7) সোডিয়াম বা পটাশিয়াম ফরমেটকে 400°C-এ উত্তপ্ত করলে হাইড্রোজেন ও অক্‌জালেট উৎপন্ন হয়।

$$2HCOONa \rightarrow (COONa)_2 + H_2$$

(8) অ্যালডিহাইডের মত ফরমিক অ্যাসিড ও ফেলিং দ্রবণ, অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট (টলেন বিকারক), পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে বিজারিত করতে পারে। এতে নিজে জারিত হয়ে ক্ষণস্থায়ী কার্বনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। পরে যা ভেঙ্গে গিয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়।

$$H{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}OH \xrightarrow{[O]} \left[HO{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}OH \right] \rightarrow CO_2 + H_2O$$

সনাক্তকরণ ঃ (1) ফরমেটের প্রশম দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ রক্তের ন্যায় লাল হয়। (2) ফরমিক অ্যাসিডকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে যে গ্যাস বার হয় তা ফিকে নীল বর্ণে জ্বলে। (3) ফরমিক অ্যাসিড বা ফরমেটকে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ধূসর বর্ণের ধাতব রূপোর অধঃক্ষেপ পড়ে।

ব্যবহার : (1) চামড়া শিল্পে চুন অপসারক হিসেবে, (2) কোহলের সন্ধান বিক্রিয়ায় ঈস্টের উদ্দীপক হিসেবে, (3) রাবার শিল্পে রাবার ল্যাটেক্সকে জমানোর জন্য, (4) অক্জালিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম ফরমেট প্রস্তুতির জন্য ফরমিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

ফরমিক অ্যাসিডের গঠন : (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, ফরমিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত CH_2O_2। (2) কার্বনের যোজ্যতা চার, হাইড্রোজেনের এক এবং অক্সিজেনের দুই ধরলে ফরমিক অ্যাসিডের গঠন দু প্রকার হতে পারে। যেমন,

$$\underset{\text{(I)}}{H-C\begin{matrix}\nearrow\!\!\!\nearrow O\\ \searrow OH\end{matrix}} \quad \text{বা} \quad \underset{\text{(II)}}{\begin{matrix}H\\ \\ H\end{matrix}\!\!>\!C\!\begin{matrix}/O\\ |\\ \backslash O\end{matrix}}$$

(3) ফরমিক অ্যাসিডে অবস্থিত দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে কেবলমাত্র একটি হাইড্রোজেনকে ধাতু দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা যায়। অতএব ফরমিক অ্যাসিডে দুটি হাইড্রোজেন একই ভাবে সংযুক্ত নয়। আবার ফরমিক অ্যাসিডের সঙ্গে সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফরমেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। অতএব ফরমিক অ্যাসিডে হাইড্রক্সিল মূলক বর্তমান। সুতরাং ফরমিক অ্যাসিডের গঠন হবে (I)-এর মত। অর্থাৎ HO·CHO। ফরমিক অ্যাসিডে কার্বক্সিল মূলক আছে। আবার অন্যভাবে দেখলে দেখা যাবে যে, এতে অ্যালডিহাইড মূলকও আছে। আর এই অ্যালডিহাইড মূলক থাকার জন্য ফরমিক অ্যাসিড বিজারকের মত কাজ করে। যেমন ফেলিং দ্রবণ, টলেন বিকারককে ফরমিক অ্যাসিড বিজারিত করতে পারে।

অ্যাসিটিক অ্যাসিড, ইথানোয়িক অ্যাসিড

(Acetic Acid, Ethanoic Acid) $CH_3 \cdot COOH$

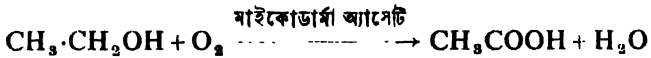
জৈব অ্যাসিডগুলির মধ্যে অ্যাসিটিক অ্যাসিড **ভিনিগার** বা **সির্কা** (Vinegar) নামে আমাদের কাছে অতি প্রাচীনকাল থেকে পরিচিত। ভিনিগারের ল্যাটিন নাম অ্যাসিটাম (Acetum), যার থেকে এর নামকরণ করা হয়েছে।

প্রস্তুতি : ফ্যাটি অ্যাসিডের সাধারণ প্রস্তুত পদ্ধতি দিয়ে এই অ্যাসিডকে প্রস্তুত করা যায়। যেমন ইথাইল কোহল বা অ্যাসিট্যালডিহাইডকে জারণ করে অথবা মিথাইল সায়ানাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে।

শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি : (1) কাঠের অন্তর্ধূম পাতনে প্রাপ্ত পাইরোলিগনিয়াস (Pyroligneous) অ্যাসিডে প্রায় 10% অ্যাসিটিক অ্যাসিড থাকে। এছাড়া পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডে মিথানল (2-4%) অ্যাসিটোন (0·5%) মুক্ত কার্বন ও প্রচুর জল থাকে।

পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডকে তামার পাত্রে নিয়ে উত্তপ্ত করলে যে বাষ্প পাওয়া যায় তাতে অ্যাসিটোন, মিথানল ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বাষ্পের সঙ্গে জলীয় বাষ্পও থাকে। এই বাষ্পকে গরম চুনজলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বাষ্প ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট হিসেবে চুনজলে আটকে থাকে। অ্যাসিটোন ও মিথানলের বাষ্প চুনজল থেকে বার হয়ে যায়। ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে পরিস্রাবণ করে আলাদা করে শুকিয়ে নিয়ে অগ্নিদগ্ধ করে টার জাতীয় পদার্থকে পুড়িয়ে ফেলা হয়। অতঃপর ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে পাতিত করলে লঘু অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই লঘু অ্যাসিড থেকে গ্লেসিয়াল (Glacial) অ্যাসিটিক অ্যাসিড (100% অ্যাসিড) প্রস্তুত করতে হলে, লঘু অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে কস্টিক সোডা দিয়ে প্রশমিত করে দ্রবণকে ঘনীভূত করলে সোদক সোডিয়াম অ্যাসিটেটের ($CH_3COONa \cdot 3H_2O$) কেলাস পাওয়া যায়। এই সোদক কেলাসকে উত্তপ্ত করে অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেটে পরিণত করা হয়। যাকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে পাতিত করলে বিশুদ্ধ গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(2) **দ্রুত সির্কা পদ্ধতি** (Quick vinegar process) **:** লঘু ইথানল দ্রবণকে **মাইকোডার্মা অ্যাসেটি** (Mycoderma aceti) নামে এক প্রকার জীবাণুর সাহায্যে অক্সিজেন দিয়ে জারিত করে **ভিনিগার** (Vinegar) বা সির্কা নামে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3 \cdot CH_2OH + O_2 \xrightarrow{\text{মাইকোডার্মা অ্যাসেটি}} CH_3COOH + H_2O$$

একটি কাঠের পিপের মধ্যে দুটি সচ্ছিদ্র পাটাতন আটকানো থাকে। এই দুই পাটাতনের মধ্যবর্তী অংশে পুরানো ভিনিগার দিয়ে ভেজানো বীচ কাঠের (Beech wood) চোকলা রাখা হয়। এই পুরানো ভিনিগারে মাইকোডার্মা অ্যাসেটি বর্তমান। কাঠের পিপের মুখটি ঢাকনা দিয়ে আটকানো থাকে। এই ঢাকনায় একটি গর্ত থাকে। ঢাকনার ঐ গর্ত দিয়ে ইথানলের লঘু জলীয় দ্রবণ ঢালা হয়। ইথানল কাঠের চোকলার (যাতে মাইকোডার্মা অ্যাসেটি নামে জীবাণু আছে) সংস্পর্শে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই অ্যাসিডকে পিপের তলায় অবস্থিত নলের সাহায্যে বার করে নেওয়া হয়। এই আংশিক জারিত কোহলকে

বার বার ঐ কাঠের চোকলার উপর ঢালা হয়। এতে প্রায় 6-7% অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। একে সির্কা বা ভিনিগার বলে। এই পদ্ধতি আগে খুবই প্রচলিত ছিল।

চিত্র 45

3. **সাংশ্লেষিক পদ্ধতি ঃ** অ্যাসিটিলিন থেকে প্রাপ্ত অ্যাসিট্যালডিহাইডকে বাতাস দিয়ে সহজে জারিত করে অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। মারকিউরিক সালফেটের উপস্থিতিতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়ে অ্যাসিটিলিন গ্যাস পরিচালিত করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়। এই অ্যাসিট্যালডিহাইডকে 60°C-এ ম্যাঙ্গানীজ অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে বাতাসের অক্সিজেন দিয়ে জারিত করে বেশির ভাগ অ্যাসিটিক অ্যাসিড আজকাল প্রস্তুত করা হয়।

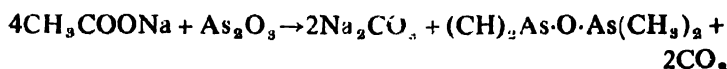
$$CH\equiv CH + H_2O \rightarrow CH_3\cdot CHO \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$$

ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ অ্যাসিটিক অ্যাসিড ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। জল, কোহল ও ইথারের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়। গলনাঙ্ক 16·5°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 118°C। অনার্দ্র অ্যাসিটিক অ্যাসিড ঠাণ্ডায় কঠিনাকার লাভ করলে সাদা বরফের মত দেখতে হয় বলে অনার্দ্র অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক (Glacial acetic) অ্যাসিড বলে। জলে দ্রবীভূত হলে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আয়তন হ্রাস পায়। জারক দ্রব্যতে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের কিছু হয় না বলে জারণকালে অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণ হিসেবে ব্যবহৃত হয় (CrO_3/CH_3COOH)।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ ফরমিক অ্যাসিড ব্যতীত অন্যান্য ফ্যাটি অ্যাসিডের মধ্যে অ্যাসিটিক অ্যাসিডই সর্বাপেক্ষা শক্তিশালী। ফরমিক অ্যাসিডের মত অ্যাসিটিক অ্যাসিড ফেলিং দ্রবণ বা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে বিজারিত করতে পারে না। অ্যাসিটিক অ্যাসিডের অন্যান্য রাসায়নিক ধর্ম ফ্যাটি অ্যাসিডের সাধারণ ধর্মের মত।

সনাক্তকরণ ঃ (1) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের প্রশমিত দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ লাল হয়। (2) ইথানল ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করলে ইথাইল অ্যাসিটেটের গন্ধ বার হয়। (3) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের প্রশমিত দ্রবণকে বিশুষ্ক করে আর্সেনাস অক্সাইডের সঙ্গে মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে বিশ্রী গন্ধযুক্ত ক্যাকোডাইল অক্সাইড (Cacodyl oxide) উৎপন্ন হয়।

$$4CH_3COONa + As_2O_3 \rightarrow 2Na_2CO_3 + (CH)_2As{\cdot}O{\cdot}As(CH_3)_2 + 2CO_2$$

ব্যবহার ঃ (1) অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রাবক হিসেবে (2) ইথাইল অ্যাসিটেট, সোডিয়াম অ্যাসিটেট, সেলুলোজ অ্যাসিটেট, অ্যাসিটোন, ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড, শ্বেত সীসা (White lead) ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

গঠন ঃ (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত $C_2H_4O_2$। (2) অ্যাসিটিক অ্যাসিড নীল লিটমাসকে লাল করতে, বাই-কার্বনেট থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড বার করতে এবং ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন মুক্ত করতে পারে। অতএব অ্যাসিটিক অ্যাসিড অ্যাসিড শ্রেণীর যৌগ এবং এর তুল্যাঙ্ক ভার 60। সুতরাং অ্যাসিটিক অ্যাসিড এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড। (3) ক্লোরিন অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে একটি একটি করে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করে ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড $C_2Cl_3HO_2$ উৎপন্ন করে। সুতরাং অ্যাসিটিক অ্যাসিডের 4টি হাইড্রোজেনের মধ্যে কেবল মাত্র একটি হাইড্রোজেন ধাতু দিয়ে প্রতিস্থাপনযোগ্য অর্থাৎ আম্লিক। এবং অপর তিনটি হাইড্রোজেন একটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত। কারণ মিথাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে পটাশিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন মিথাইল সায়ানাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। আর এই আর্দ্র বিশ্লেষণে

$$CH_3Cl \xrightarrow{KCN} CH_3CN \xrightarrow{H_2O} CH_3{\cdot}COOH$$

সায়ানাইড মূলকটি কেবলমাত্র কার্বক্সিল মূলকে পরিণত হয় এবং মিথাইল মূলকটি অবিকৃত থাকে। অতএব অ্যাসিটিক অ্যাসিডে একটি মিথাইল মূলক আছে।

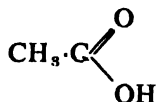
(4) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সাথে ফসফরাস পেণ্টা-ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। অতএব

অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া

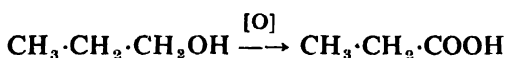
$CH_3 \cdot COOH$ —

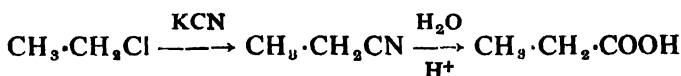
- $\xrightarrow{Na} CH_3COONa + H_2$
- $\xrightarrow{NaOH} CH_3 \cdot COONa + H_2O$
- $\xrightarrow{NaHCO_3} CH_3 \cdot COONa + H_2O + CO_2$
- $\xrightarrow{Cl_2} CH_2Cl \cdot COOH \xrightarrow{Cl_2} CHCl_2 \cdot COOH \xrightarrow{Cl_2} CCl_3 \cdot COOH$
  মনোক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড; ডাই-ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড; ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড
- $\xrightarrow{C_2H_5OH/CH_2SO_4} CH_3 \cdot COOC_2H_5 + H_2O$
  ইথাইল অ্যাসিটেট
- $\xrightarrow{PCl_5} CH_3COCl + POCl_3 + HCl$
  অ্যাসিট্যাইল ক্লোরাইড
- $\xrightarrow{PCl_3} CH_3COCl + H_3PO_3$
- $\xrightarrow{SOCl_2} CH_3COCl + SO_2 + HCl$
- $\xrightarrow{NH_3} CH_3 \cdot COONH_4 \xrightarrow{\Delta} CH_3CO \cdot NH_2 \xrightarrow{P_2O_5} CH_3CN$
- $\xrightarrow{Ca(OH)_2} (CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{\Delta} CH_3CO \cdot CH_3 + CaCO_3$
  অ্যাসিটোন
- $\xrightarrow{NaOH} CH_3COONa \xrightarrow[\Delta]{\text{সোডালাইম}} CH_4$
- $\rightarrow CH_3 \cdot COOK \xrightarrow{\text{তড়িৎবিশ্লেষণ}} CH_3 \cdot CH_3$
- $\rightarrow CH_3COCl \xrightarrow{CH_3COONa} (CH_3CO)_2O + NaCl$
  অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড

অ্যাসিটিক অ্যাসিডে হাইড্রোক্সিল মূলক আছে। (5) কার্বনের যোজ্যতা চার, হাইড্রোজেনের এক এবং অক্সিজেনের দুই ধরলে এবং উপরে বর্ণিত যুক্তি অনুযায়ী অ্যাসিটিক অ্যাসিডের গঠন হবে—

$$CH_3{\cdot}C\begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$$

প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড, প্রোপানোয়িক অ্যাসিড
(Propionic Acid, Propanoic Acid) $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$

নরম্যাল প্রোপাইল কোহলকে ডাই-ক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$$

এছাড়া ইথাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে পটাশিয়াম সায়নাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ইথাইল সায়ানাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

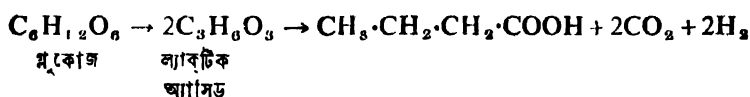
$$CH_3{\cdot}CH_2Cl \xrightarrow{KCN} CH_3{\cdot}CH_2CN \xrightarrow[H^+]{H_2O} CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$$

নিকেল কার্বনিলের উপস্থিতিতে 90°—150°C-এ অধিক চাপে ইথিলিন কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে প্রোপিয়োন্যালডিহাইড পাওয়া যায়, যাকে জারিত করলে প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড বর্ণহীন তরল। জল, কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। গলনাঙ্ক −22°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 141°C। এটির একটা ঝাঁঝালো গন্ধ আছে। ফ্যাটি অ্যাসিডের সকল সাধারণ ধর্ম এই অ্যাসিডটি দেয়। প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড অ্যাসিটিক অ্যাসিডের চেয়ে মৃদুতর। ক্লোরিন অথবা ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডের α হাইড্রোজেন একটি একটি করে হ্যালোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে α হ্যালো $[CH_3{\cdot}CHX{\cdot}COOH]$ এবং $\alpha\alpha$ ডাই-হ্যালো $[CH_3{\cdot}CX_2{\cdot}COOH]$ প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডের ইথাইল ও অ্যামাইল এস্টার নানান কাজে লাগে।

n-বিউটিরিক অ্যাসিড, বিউটানোয়িক অ্যাসিড
(n-Butyric Acid, Butanoic Acid) $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$

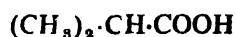
বিউটিরিক অ্যাসিড মাখনে গ্লিসারাইল এস্টার হিসেবে আছে। আমাদের ঘামে এবং নষ্ট মাখনে n-বিউটিরিক অ্যাসিডের অস্তিত্ব মেলে। n-বিউটানলকে জারিত

করে n-বিউটিরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন করা হয়। ব্যাসিলাস বিউটিরিকাস (Bacillus Butyricus) নামে এক প্রকার জীবাণুর সাহায্যে শ্বেতসার (Starch) বা শর্করার সন্ধান বিক্রিয়ায় বিউটিরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা যায়। টক দুধ (নষ্ট) বা নষ্ট পনিরে এই ব্যাসিলাস বিউটিরিকাস পাওয়া যায়। 35°—40°C-এ গ্লুকোজের জলীয় দ্রবণে টক দুধ বা নষ্ট পনির যোগ করলে সন্ধান বিক্রিয়ায় গ্লুকোজ ল্যাকটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এই ল্যাকটিক অ্যাসিড পরে বিউটিরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{ল্যাকটিক অ্যাসিড}}{2C_3H_6O_3} \rightarrow CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH + 2CO_2 + 2H_2$$

অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব অধিক হলে জীবাণুগুলি নিষ্ক্রিয় হয়ে পড়ে বলে, সন্ধান বিক্রিয়া চলা কালে ক্যালসিয়াম কার্বনেট মিশিয়ে অ্যাসিডকে প্রশমিত করা হয়। এতে বিউটিরিক অ্যাসিড ক্যালসিয়াম লবণে পরিণত হয়। যা গরম অবস্থায় অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই ক্যালসিয়াম লবণকে পরিমিত সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে পাতিত করলে বিশুদ্ধ বিউটিরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

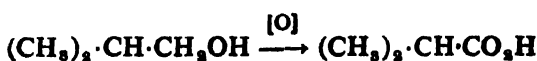
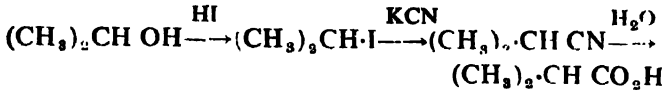
n-বিউটিরিক অ্যাসিড অস্বস্তিকর গন্ধযুক্ত, আঠালো (Viscous) তরল। গলনাঙ্ক −4·7°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 162°C। জল, কোহল ও ইথারে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়। নষ্ট মাখনের গন্ধ এই অ্যাসিডের জন্যই হয়। ফ্যাটি অ্যাসিডের সকল সাধারণ বিক্রিয়াগুলি এই n-বিউটিরিক অ্যাসিড দেখায়। চামড়াশিল্পে চুন অপসারণের কাজে এই অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। এই অ্যাসিডের সেলুলোজ এস্টার বার্নিশে এবং ইথাইল এস্টার খাদ্যকে সুগন্ধি করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

আইসোবিউটিরিক অ্যাসিড, 2-মিথাইল প্রোপানোয়িক অ্যাসিড
(Isobutyric Acid, 2-Methyl Propanoic Acid)

$(CH_3)_2{\cdot}CH{\cdot}COOH$

এই অ্যাসিডটি মুক্ত অবস্থায় শিমে এবং ইথাইল এস্টার হিসেবে তুলোর বীচির তেলে বর্তমান। ডাই-ক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে আইসোবিউটাইল কোহলকে জারণ করে আইসোবিউটিরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$(CH_3)_2{\cdot}CH{\cdot}CH_2OH \xrightarrow{[O]} (CH_3)_2{\cdot}CH{\cdot}CO_2H$$

এছাড়া আইসোপ্রোপাইল সায়ানাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণে এই অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

$$(CH_3)_2CH\,OH \xrightarrow{HI} (CH_3)_2CH{\cdot}I \xrightarrow{KCN} (CH_3)_2{\cdot}CH\,CN \xrightarrow{H_2O} (CH_3)_2{\cdot}CH\,CO_2H$$

আইসোবিউটিরিক অ্যাসিড বর্ণহীন তেলের মত তরল। গলনাঙ্ক $-47°C$ এবং স্ফুটনাঙ্ক $154°C$। এই অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণ জলে গরম অবস্থায় বেশি দ্রাব্য। এই অ্যাসিডকে সহজে জারিত করে অ্যাসিটোন বা অ্যাসিটিক অ্যাসিড বা কার্বনিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়।

ভ্যালেরিক অ্যাসিড (Valeric Acid) $C_5H_{10}O_2$

এই অ্যাসিডের চারটি সমাবয়বী আছে। যেমন—

n-ভ্যালেরিক অ্যাসিড, পেণ্টানোয়িক অ্যাসিড $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$ (গলনাঙ্ক $-34{\cdot}5°C$, স্ফুটনাঙ্ক $187°C$), আইসোভ্যালেরিক অ্যাসিড, 3-মিথাইল বিউটান্ 1 ওয়িক অ্যাসিড $(CH_3)_2{\cdot}CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$ (গলনাঙ্ক $-51°C$, স্ফুটনাঙ্ক $175°C$)।

সক্রিয় ভ্যালেরিক অ্যাসিড (Active Valeric Acid), ইথাইল মিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH(CH_3){\cdot}COOH$ (স্ফুটনাঙ্ক $175°C$)।

ট্রাইমিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড পিভালিক অ্যাসিড $(CH_3)_3{\cdot}C{\cdot}COOH$ (গলনাঙ্ক $35{\cdot}5°C$, স্ফুটনাঙ্ক $164°C$)।

উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিড (Higher Fatty Acid)

উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিড উদ্ভিজ্জ তেল বা চর্বিতে গ্লিসারাইড এস্টার হিসেবে বর্তমান। এছাড়া মোমে এস্টার হিসেবে আরো উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিড বর্তমান। প্রকৃতিতে প্রাপ্ত উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিডগুলি সরল শৃংখল যৌগ এবং এই অ্যাসিড-গুলিতে সাধারণত জোড় সংখ্যায় পরমাণু থাকে।

ক্যাপরোয়িক অ্যাসিড (Caproic acid) $C_5H_{11}CO_2H$, ক্যাপরাইলিক অ্যাসিড (Caprylic acid) $C_7H_{15}{\cdot}COOH$, ক্যাপরিক অ্যাসিড (Capric acid) $C_9H_{19}COOH$, ছাগলের দুধজাত মাখনে গ্লিসারাইল এস্টার হিসেবে আছে।

লউরিক অ্যাসিড (Lauric acid) $C_{11}H_{23}{\cdot}COOH$, মাইরিস্টিক অ্যাসিড (Myristic acid) $C_{13}H_{27}{\cdot}COOH$, উদ্ভিজ্জ তেলে গ্লিসারাইড এস্টার হিসেবে

আছে। পামিটিক অ্যাসিড (Palmitic acid) $C_{15}H_{31}\cdot COOH$ এবং স্টিয়ারিক অ্যাসিড (Stearic acid) $C_{17}H_{35}\cdot COOH$,, বেশির ভাগ উদ্ভিজ্জ তেল এবং চর্বিতে গ্লিসারাইড এস্টার হিসেবে বর্তমান।

প্রশ্নাবলী

1. ফ্যাটি অ্যাসিড কাকে বলে? কার্বক্সিল মূলকের পরীক্ষা কি?
2. নামকরণ কর: (i) $CH_3\cdot CH_2\cdot CH_2COOH$ (ii) $(CH_3)_2CHCOOH$ (iii) $(CH_3)_3C\cdot COOH$ (iv) $CH_3\cdot CH_2\cdot \underset{}{CH}(CH_3)\cdot CO_2H$.
3. কার্বক্সিল মূলকের অম্লতা ব্যাখ্যা কর। অ্যাসিডের তীব্রতা অনুসারে যৌগগুলিকে সাজাও: (i) $CH_3\cdot COOH$ (ii) HCO_2H (iii) $CH_3\cdot CH_2\cdot COOH$ (iv) $ClCH_2COOH$ (v) $CCl_3\cdot COOH$ (vi) $CHCl_2\cdot COOH$.
4. রসায়নাগারে ফরমিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড কি উপায়ে করা হয়? কি কাজে এই অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়? কিভাবে এই অ্যাসিডকে সনাক্ত করা হয়?
5. টিকা লিখ: (i) দ্রুত সির্কা পদ্ধতি (ii) ক্যাকোডাইল অক্সাইড।
6. সংশ্লেষণ কর: (i) আইসোবিউটিরিক অ্যাসিড (ii) n-বিউটিরিক অ্যাসিড (iii) প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড।
7. কি শর্তে নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলি অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে? (i) C_2H_5OH (ii) PCl_3 (iii) $NaOH/CaO$ (iv) $Ca(OH)_2$
8. অ্যাসিটিক অ্যাসিড থেকে কিভাবে নিম্নলিখিত যৌগগুলি প্রস্তুত করা যায়? (i) CH_3COCl (ii) CH_4 (iii) CH_3COCH_3 (iv) $CH_3\cdot CH_3$ (v) $CCl_3\cdot COOH$ (vi) $(CH_3CO)_2O$ (vii) CH_3CONH_2 (viii) CH_3CN (ix) CH_3CHO.
9. টলেনের বিকারক এবং ফেলিং দ্রবণকে ফরমিক অ্যাসিড বিজারিত করতে পারে কিন্তু অ্যাসিটিক অ্যাসিড পারে না—কেন?

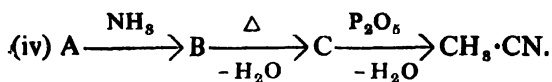
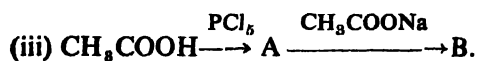
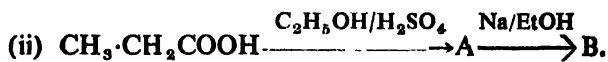
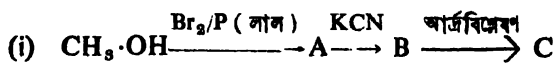
10. বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ কর—

(i) $CH_3 \cdot OH \xrightarrow{Br_2/P\,(\text{লাল})} A \xrightarrow{KCN} B \xrightarrow{\text{আর্দ্রবিশ্লেষণ}} C$

(ii) $CH_3 \cdot CH_2COOH \xrightarrow{C_2H_5OH/H_2SO_4} A \xrightarrow{Na/EtOH} B.$

(iii) $CH_3COOH \xrightarrow{PCl_5} A \xrightarrow{CH_3COONa} B.$

(iv) $A \xrightarrow{NH_3} B \xrightarrow[-H_2O]{\Delta} C \xrightarrow[-H_2O]{P_2O_5} CH_3 \cdot CN.$

১৪

ফ্যাটি অ্যাসিডের জাতকসমূহ
Derivatives of Fatty Acids

ফ্যাটি অ্যাসিড (R·COOH) থেকে সাধারণত দু ধরনের জাতক পাওয়া যেতে পারে। যেমন কার্বক্সিল মূলকের হাইড্রক্সিল অংশ অন্য কোন মূলক বা পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত করে একাধিক জাতক হতে পারে। উদাহরণ হলো R·COCl (অ্যাসিড ক্লোরাইড), R·CO·O·OCR' (অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড), $RCONH_2$ (অ্যাসিড অ্যামাইড) এবং RCO_2R' (এস্টার)।

আবার ফ্যাটি অ্যাসিডের অ্যালকাইল মূলকের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন অন্য কোন মূলক বা পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত করে আর এক ধরনের জাতক হতে পারে। R·CHX·COOH বা $R·CHX·CH_2COOH$ যেখানে X = Cl, Br, NH_2, OH, CN ইত্যাদি হতে পারে। এই অধ্যায়ে প্রথম ধরনের জাতক এবং দ্বিতীয় ধরনের জাতকের মধ্যে কেবল মাত্র হ্যালোজেন জাতক সম্বন্ধে আলোচনা থাকবে।

অ্যাসিড বা অ্যাসাইল ক্লোরাইড সমূহ
(Acid or Acyl Chlorides) R·COCl

কার্বক্সিল মূলকের হাইড্রক্সিল অংশটি ক্লোরিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে যে যৌগ পাওয়া যায় তাকে অ্যাসিড বা অ্যাসাইল ক্লোরাইড RCOCl বলে। $R{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}$ মূলকটিকে অ্যাসাইল মূলক বলে।

নামকরণ : সাধারণ প্রথায় এই শ্রেণীর যৌগের নামকরণে ফ্যাটি অ্যাসিডের নামের শেষ অংশে 'ইক' (ic) 'আইল' (yl) দ্বারা পরিবর্তন করে ক্লোরাইড যোগ করা হয়।

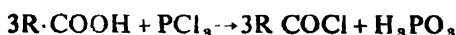
$CH_3·COOH$ অ্যাসিটিক অ্যাসিড	$CH_3·COCl$ অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড
$CH_3·CH_2·COOH$ প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড	$CH_3·CH_2·COCl$ প্রোপিয়োনাইল ক্লোরাইড

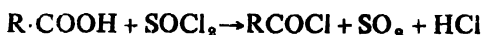
IUPAC পদ্ধতিতে এই শ্রেণীর যৌগের নামকরণে ফ্যাটি অ্যাসিডের IUPAC নামের [অ্যালকানোইক (Alkanoic)] শেষ অংশ 'ইক' (ic) 'আইল' (yl) দ্বারা পরিবর্তন করে ক্লোরাইড যোগ করা হয়।

CH_3COOH	CH_3COCl
ইথানোয়িক অ্যাসিড	ইথানোয়াইল ক্লোরাইড
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot COOH$	$CH_3CH_2 \cdot COCl$
প্রোপানোয়িক অ্যাসিড	প্রোপানোয়াইল ক্লোরাইড

প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ : (1) কার্বক্সিল যৌগকে ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড বা পেণ্টা-ক্লোরাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করে অ্যাসাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

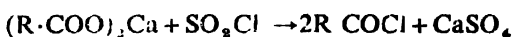
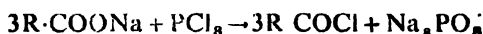
$$3R \cdot COOH + PCl_3 \rightarrow 3R\,COCl + H_3PO_3$$

$$R \cdot COOH + PCl_5 \rightarrow R\,COCl + POCl_3 + HCl$$

কার্বক্সিল যৌগকে থায়োনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলেও অ্যাসাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$R \cdot COOH + SOCl_2 \rightarrow RCOCl + SO_2 + HCl$$

2. ফ্যাটি অ্যাসিডের লবণকে ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড বা ফসফোরাইল ক্লোরাইড বা সালফুরাইল ক্লোরাইডের (SO_2Cl_2) সঙ্গে পাতিত করলে অ্যাসিড ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

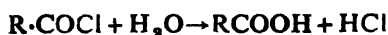
$$3R \cdot COONa + PCl_3 \rightarrow 3R\,COCl + Na_3PO_3$$

$$2R \cdot COONa + POCl_3 \rightarrow 2R\,COCl + NaCl + NaPO_3$$

$$(R \cdot COO)_2Ca + SO_2Cl_2 \rightarrow 2R\,COCl + CaSO_4$$

অ্যাসিড ক্লোরাইডের শিল্পোৎপাদনে ফ্যাটি অ্যাসিডের লবণ ব্যবহার করা হয়, কারণ লবণগুলি অ্যাসিডের থেকে দামে সস্তা।

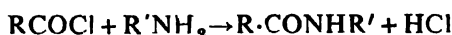
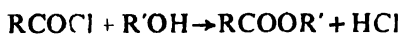
অ্যাসিড ক্লোরাইডের নিম্নতর সদস্যগুলি ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। উচ্চতর সদস্যগুলি বর্ণহীন কঠিন পদার্থ।

সাধারণ বিক্রিয়াসমূহ : (1) অ্যাসাইল ক্লোরাইড সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। এবং নিম্নতর সদস্যগুলি প্রবলভাবে জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

$$R \cdot COCl + H_2O \rightarrow RCOOH + HCl$$

2. যে সব যৌগে সক্রিয় (active) হাইড্রোজেন আছে তাদের সঙ্গে অ্যাসাইল ক্লোরাইড সহজেই বিক্রিয়া করে। যেমন অ্যাসাইল ক্লোরাইড কোহল, অ্যামোনিয়া, প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিন, ইত্যাদির সঙ্গে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে এস্টার, অ্যামাইড ও প্রতিস্থাপিত অ্যামাইড যৌগ উৎপন্ন করে।

$$RCOCl + R'OH \rightarrow RCOOR' + HCl$$

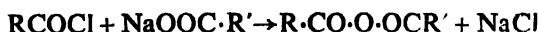
$$RCOCl + 2NH_3 \rightarrow RCONH_2 + NH_4Cl$$

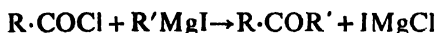
$$RCOCl + R'NH_2 \rightarrow R\cdot CONHR' + HCl$$

প্রতিস্থাপিত অ্যামাইড

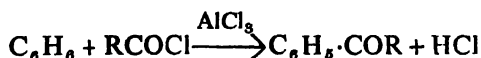
3. অ্যাসিড ক্লোরাইডকে অনুঘটকীয় ভাবে (Catalytically) বিজারিত করলে প্রথমে অ্যালডিহাইড এবং পরে উৎপন্ন অ্যালডিহাইড বিজারিত হয়ে প্রাথমিক কোহলে পরিণত হয়। [রোসেনমুণ্ড বিজারণ (Rosenmund reduction)]

$$R\cdot COCl \xrightarrow{H_2/Pd} R\cdot CHO \xrightarrow{H_2/Pd} RCH_2OH$$

4. ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণের সঙ্গে অ্যাসিড ক্লোরাইড বিক্রিয়া করে অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন করে।

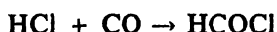
$$RCOCl + NaOOC\cdot R' \rightarrow R\cdot CO\cdot O\cdot OCR' + NaCl$$

5. অ্যাসিড ক্লোরাইড গ্রিগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কিটোন উৎপন্ন করে।

$$R\cdot COCl + R'MgI \rightarrow R\cdot COR' + IMgCl$$

6. অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিড ক্লোরাইড বেনজিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় (ফ্রিডাল ক্রাফ্ট্স) অ্যারোম্যাটিক কিটোন উৎপন্ন করে।

$$C_6H_6 + RCOCl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5\cdot COR + HCl$$

ফরমাইল ক্লোরাইড, মিথানোয়াইল ক্লোরাইড

(Formyl Chloride, Methanoyl Chloride), HCOCl

অ্যাসিড ক্লোরাইড শ্রেণীর প্রথম সদস্য। সাধারণ তাপমাত্রায় এর অস্তিত্ব জানা না থাকলেও অত্যন্ত কম তাপমাত্রায় (– 80°C) এর অস্তিত্ব আছে। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ ফরমাইল ক্লোরাইডের মত আচরণ করে। (গ্যাটারম্যান অ্যালডিহাইড সংশ্লেষণ)

$$HCl + CO \rightarrow HCOCl$$

অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, ইথানোয়াইল ক্লোরাইড

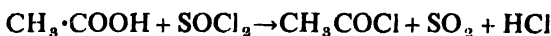
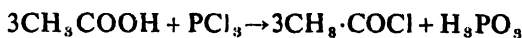
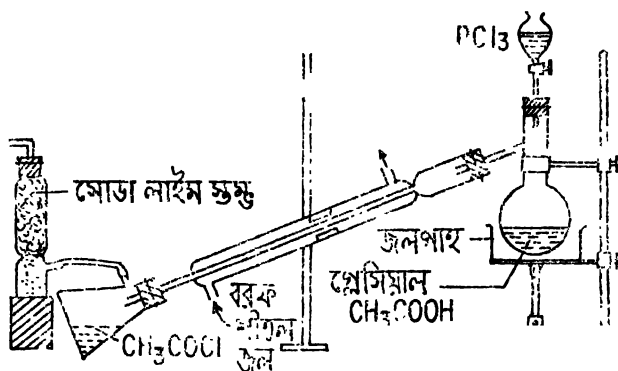
(Acetyl Chloride, Ethanoyl Chloride), CH_3COCl

অ্যাসাইল ক্লোরাইড শ্রেণীর মধ্যে সর্বাপেক্ষা প্রয়োজনীয় যৌগ হলো অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড। গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের উপর ফসফরাস পেণ্টা-ক্লোরাইড বা

ট্রাই-ক্লোরাইড অথবা থায়োনিল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়। এছাড়া অন্যান্য সাধারণ পদ্ধতি দিয়েও অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$3CH_3COOH + PCl_3 \rightarrow 3CH_3 \cdot COCl + H_3PO_3$$

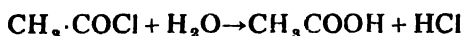
$$CH_3COOH + PCl_5 \rightarrow CH_3COCl + POCl_3 + HCl$$

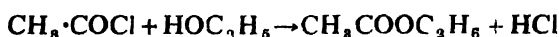
$$CH_3 \cdot COOH + SOCl_2 \rightarrow CH_3COCl + SO_2 + HCl$$

রসায়নাগারে প্রস্তুত প্রণালী: একটি পার্শ্বনলযুক্ত গোলতল ফ্লাস্কে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড নেওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে কর্কের সাহায্যে বিন্দুপাতী ফানেল যুক্ত থাকে, যাতে ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড নেওয়া হয়। ফ্লাস্কটিকে জলগাহের উপর রাখা হয় এবং পার্শ্বনলটির সঙ্গে লিবিগ শীতক যুক্ত থাকে। লিবিগ শীতকটির সঙ্গে পার্শ্বনলযুক্ত গ্রাহক পাত্র লাগানো থাকে এবং এই পার্শ্বনলটি রাবার নলের সাহায্যে সোডালাইম ভর্তি স্তম্ভের সঙ্গে যুক্ত থাকে।

চিত্র 46

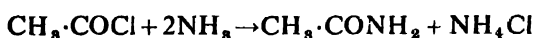
শীতল অবস্থায় গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে বিন্দুপাতী ফানেল থেকে ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড যোগ করা হয় এবং যোগ করা শেষ হলে ফ্লাস্কটিকে 30-40°C-এ উত্তপ্ত করে হাইড্রোক্লোরিক বাষ্পকে তাড়ানো হয়, যা সোডালাইম স্তম্ভে শোষিত হয়। এরপর জলগাহের তাপমাত্রায় বাড়িয়ে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডকে পাতিত করে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত করা হয়। সোডালাইম স্তম্ভ বাতাসের জলীয় বাষ্পকে এই যন্ত্রের মধ্যে প্রবেশ করতে দেয় না। কারণ জলীয় বাষ্প সহজেই অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে দেয়। উৎপন্ন অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডকে পুনঃ পাতন করে বিশুদ্ধ করা হয়।

ভৌত ধর্ম : অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত ধূমায়মান (fuming) তরল। স্ফুটনাঙ্ক 55°C। ইথারে দ্রাব্য।

বিক্রিয়াসমূহ : (1) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড সহজেই জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

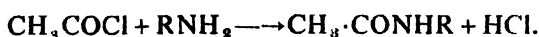
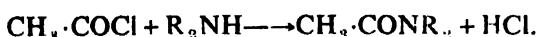
$$CH_3 \cdot COCl + H_2O \rightarrow CH_3COOH + HCl$$

2. অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এস্টার ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$CH_3 \cdot COCl + HOC_2H_5 \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl$$

3. অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

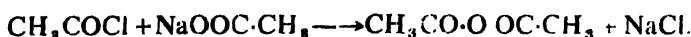
$$CH_3 \cdot COCl + 2NH_3 \rightarrow CH_3 \cdot CONH_2 + NH_4Cl$$

4. অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপিত অ্যামাইড যথাক্রমে মনো-অ্যালকাইল ও ডাই-অ্যালকাইল অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন করে।

$$CH_3COCl + RNH_2 \longrightarrow CH_3 \cdot CONHR + HCl.$$

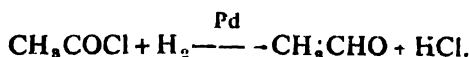
মনো-অ্যালকাইল অ্যাসিট্যামাইড

$$CH_3 \cdot COCl + R_2NH \longrightarrow CH_3 \cdot CONR_2 + HCl.$$

ডাই-অ্যালকাইল অ্যাসিট্যামাইড

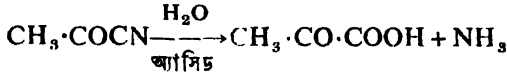
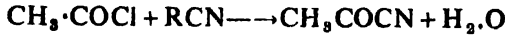
5. অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন করে।

$$CH_3COCl + NaOOC \cdot CH_3 \longrightarrow CH_3CO \cdot O\ OC \cdot CH_3 + NaCl.$$

অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড

6. প্যালাডিয়ামের উপস্থিতিতে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডকে হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত করলে প্রথমে অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়। পরে $CH_3 \cdot CHO$ পুনরায় বিজারিত হয়ে ইথানলে পরিণত হয়।

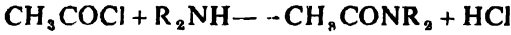
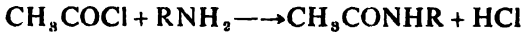
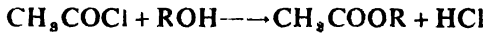
$$CH_3COCl + H_2 \xrightarrow{Pd} CH_3CHO + HCl.$$

7. অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড পটাশিয়াম সায়ানাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটাইল সায়ানাইড উৎপন্ন করে। এই অ্যাসিটাইল সায়ানাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে পাইরুভিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3{\cdot}COCl + RCN \longrightarrow CH_3COCN + H_2.O$$

$$CH_3{\cdot}COCN \xrightarrow[\text{অ্যাসিড}]{H_2O} CH_3{\cdot}CO{\cdot}COOH + NH_3$$

অ্যাসিটাইলেশান (Acetylation) : যে প্রক্রিয়ায় কোন জৈব যৌগে অবস্থিত সক্রিয় (Active) হাইড্রোজেন পরমাণুকে অ্যাসিটাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা যায়, সেই প্রক্রিয়াকে অ্যাসিটাইলেশান বলে। যেমন কোহল, প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিনে অবস্থিত সক্রিয় হাইড্রোজেনকে অ্যাসিটাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করলে সাধারণত অ্যাসিটাইলেশান বলে। কোহল, প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিনকে অ্যাসিটাইলেশান করলে যথাক্রমে এস্টার ও প্রতিস্থাপিত অ্যামাইড পাওয়া যায়।

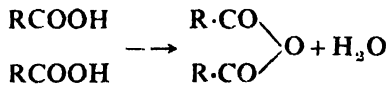
$$CH_3COCl + ROH \longrightarrow CH_3COOR + HCl$$

$$CH_3COCl + RNH_2 \longrightarrow CH_3CONHR + HCl$$

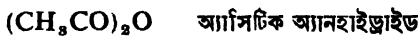
$$CH_3COCl + R_2NH \longrightarrow CH_3CONR_2 + HCl$$

ব্যবহার : অ্যাসিটিক অ্যাসিডের এস্টার, অ্যামাইড, অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুতিতে ও অ্যাসিটাইলেশান করতে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড (Acid Anhydride)

তত্ত্বগতভাবে দুই অণু কার্বক্সিল অ্যাসিডের (একক্ষারীয়) থেকে এক অণু জল বিযুক্ত হয়ে যে যৌগ পাওয়া যায় তাকে অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড বলে।

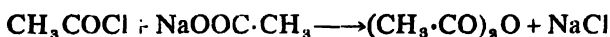
$$\begin{matrix} RCOOH \\ RCOOH \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} R{\cdot}CO \\ R{\cdot}CO \end{matrix}\!\!>\!O + H_2O$$

নামকরণ : যে অ্যাসিড থেকে অ্যানহাইড্রাইড পাওয়া যায় সেই অ্যাসিডের নামের শেষে অ্যাসিডের স্থানে অ্যানহাইড্রাইড যোগ করে এই শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণ করা হয়।

$(CH_3CO)_2O$ অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড

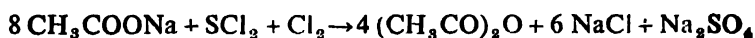
$(CH_3{\cdot}CH_2CO)_2O$ প্রোপিয়োনিক অ্যানহাইড্রাইড

অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডের মধ্যে সর্বাপেক্ষা প্রয়োজনীয় অ্যানহাইড্রাইড হলো অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড। ফরমিক অ্যানহাইড্রাইড জানা নেই। কিন্তু ফরমিক অ্যাসিটিক মিশ্র অ্যানহাইড্রাইড $HCO{\cdot}O{\cdot}OC{\cdot}CH_3$ জানা আছে।

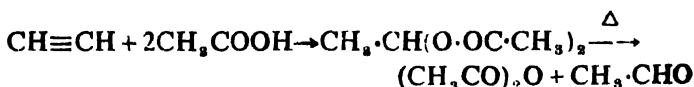
অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড (Acetic Anhydride)

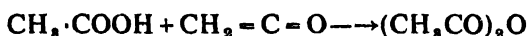
প্রস্তুতি : (1) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে গলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেটের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3COCl + NaOOC{\cdot}CH_3 \longrightarrow (CH_3{\cdot}CO)_2O + NaCl$$

একটি বকযন্ত্রে গলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেট নেওয়া যায়। বকযন্ত্রের সঙ্গে লিবিগ শীতক এবং শীতকের শেষে পার্শ্বনলযুক্ত গ্রাহক পাত্র যুক্ত থাকে। পার্শ্বনলে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের টিউব যুক্ত থাকে। ঠাণ্ডা অবস্থায় সোডিয়াম অ্যাসিটেটের উপর আস্তে আস্তে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড যোগ করা হয়। বকযন্ত্রের মুখটি কর্কের সাহায্যে বন্ধ করে উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড পাতিত হয়ে গ্রাহকপাত্রে সঞ্চিত হয়। এটিকে পুনঃপাতনে বিশুদ্ধ করা হয়। অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের টিউব বাতাসের জলীয় বাষ্পকে যন্ত্রের মধ্যে ঢুকতে দেয় না, কারণ জলীয় বাষ্প অ্যানহাইড্রাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে দেয়।

শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি : (2) সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সালফার ডাই-ক্লোরাইডের মিশ্রণের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত করে পাতন করলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড পাতিত হয়ে সঞ্চিত হয়।

$$8\,CH_3COONa + SCl_2 + Cl_2 \rightarrow 4\,(CH_3CO)_2O + 6\,NaCl + Na_2SO_4$$

(3) মারকিউরিক অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে অ্যাসিটিলিন গ্যাস পরিচালিত করলে ইথিলিডিন অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়, যাকে পাতিত করলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ও অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

$$CH{\equiv}CH + 2CH_3COOH \rightarrow CH_3{\cdot}CH(O{\cdot}OC{\cdot}CH_3)_2 \xrightarrow{\Delta} (CH_3CO)_2O + CH_3{\cdot}CHO$$

(4) গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে কিটিন (Ketene $CH_2{=}C{=}O$) পরিচালিত করলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড পাওয়া যায়।

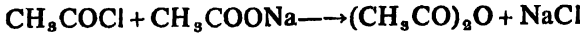
$$CH_3{\cdot}COOH + CH_2{=}C{=}O \longrightarrow (CH_3CO)_2O$$

(5) 600°—620°C-এ সোডিয়াম অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট ও বোরন ফসফেট মিশ্র অনুঘটকের উপর দিয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বাষ্প পরিচালিত করলে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয়।

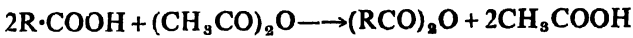
$$2CH_3COOH \longrightarrow (CH_3CO)_2O + H_2O$$

(6) অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেটকে ফসফোরাইল ক্লোরাইড ($POCl_3$) বা

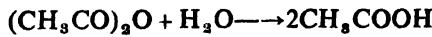
সালফুরাইল ক্লোরাইড বা থায়োনিল ক্লোরাইড সহযোগে উত্তপ্ত করলে অর্ধেক পরিমাণ সোডিয়াম অ্যাসিটেট অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডে পরিণত হয়, পরে যা অতিরিক্ত অ্যাসিটেটের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয়।

$$3CH_3COONa + POCl_3 \longrightarrow 3CH_3COCl + Na_3PO_4$$

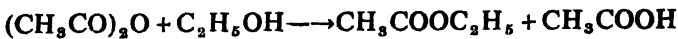
$$CH_3COCl + CH_3COONa \longrightarrow (CH_3CO)_2O + NaCl$$

(7) উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিডকে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুত করা যায়।

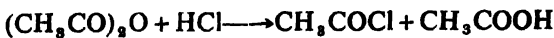
$$2R{\cdot}COOH + (CH_3CO)_2O \longrightarrow (RCO)_2O + 2CH_3COOH$$

ভৌত ধর্ম: অ্যাসিটিক অ্যাসিড অস্বস্তিকর গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, প্রশম তরল। স্ফুটনাঙ্ক 130·5°C। জলে অল্প পরিমাণে দ্রাব্য, কিন্তু ইথার ও বেনজিনে খুব দ্রাব্য।

রাসায়নিক বিক্রিয়া: (1) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড জলের দ্বারা ধীরে ধীরে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ক্ষারের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ ত্বরান্বিত হয়।

$$(CH_3CO)_2O + H_2O \longrightarrow 2CH_3COOH$$

(2) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের মত অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড কোহল এবং অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে এস্টার ও অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন করে।

$$(CH_3CO)_2O + C_2H_5OH \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 + CH_3COOH$$

$$(CH_3CO)_2O + 2NH_3 \longrightarrow CH_3CONH_2 + CH_3COONH_4$$

(3) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

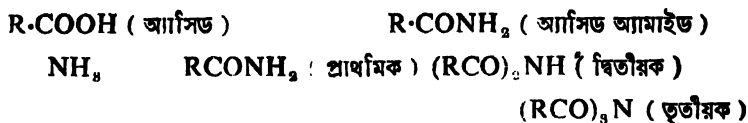
$$(CH_3CO)_2O + HCl \longrightarrow CH_3COCl + CH_3COOH$$

ব্যবহার: অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড অ্যাসিটাইলেশান, অ্যাসিটেট রেয়ন, অ্যাসপিরিন, অ্যাসিট্যানিলাইড প্রভৃতিতে ব্যবহার করা হয়।

অ্যাসিড অ্যামাইড (Acid Amides) $RCONH_2$

জৈব অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলকের হাইড্রক্সিল অংশ অ্যামাইনো মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে যে শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন করে তাকে অ্যাসিড অ্যামাইড ($RCONH_2$) বলে। $-CONH_2$ মূলককে অ্যামাইডো (Amido) মূলক বলে।

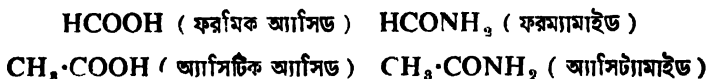
$R\cdot COOH$ (অ্যাসিড) $R\cdot CONH_2$ (অ্যাসিড অ্যামাইড)

NH_3 $RCONH_2$ (প্রাথমিক) $(RCO)_2NH$ (দ্বিতীয়ক)

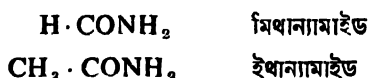
$(RCO)_3N$ (তৃতীয়ক)

অ্যামোনিয়ার এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুকে সমসংখ্যক অ্যাসাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করে যে যৌগ পাওয়া যায় তাদের অ্যামাইড বলে।

নামকরণ ঃ সাধারণ পদ্ধতিতে অ্যাসিডের নামের শেষ অংশ 'ইক' (ic)-এর স্থানে অ্যামাইড (Amide) বসিয়ে এই শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণ করা হয়।

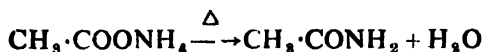
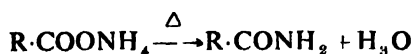
$HCOOH$ (ফরমিক অ্যাসিড) $HCONH_2$ (ফরম্যামাইড)

$CH_3\cdot COOH$ (অ্যাসিটিক অ্যাসিড) $CH_3\cdot CONH_2$ (অ্যাসিট্যামাইড)

IUPAC পদ্ধতিতে এই শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণে অ্যাসিডের নামের শেষ অংশ 'ওয়িক' (oic)-এর স্থানে অ্যামাইড বসিয়ে করা হয়।

$H\cdot CONH_2$ মিথান্যামাইড

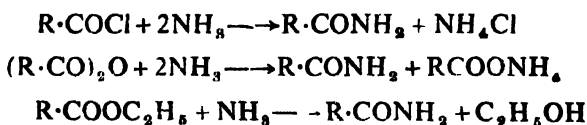
$CH_3\cdot CONH_2$ ইথান্যামাইড

প্রস্তুতি ঃ (1) ফ্যাটি অ্যাসিডের অ্যামোনিয়াম লবণকে উত্তপ্ত করে জলের অণু বিযুক্ত দ্বারা অ্যামাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$R\cdot COONH_4 \xrightarrow{\Delta} R\cdot CONH_2 + H_2O$$

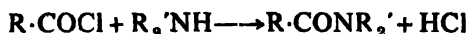
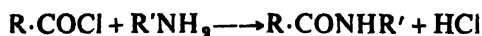
$$CH_3\cdot COONH_4 \xrightarrow{\Delta} CH_3\cdot CONH_2 + H_2O$$

(2) অ্যাসিড ক্লোরাইড, অ্যানহাইড্রাইড বা এস্টারের উপর ঘন অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় অ্যামাইড উৎপন্ন হয়।

$$R\cdot COCl + 2NH_3 \longrightarrow R\cdot CONH_2 + NH_4Cl$$

$$(R\cdot CO)_2O + 2NH_3 \longrightarrow R\cdot CONH_2 + RCOONH_4$$

$$R\cdot COOC_2H_5 + NH_3 \longrightarrow R\cdot CONH_2 + C_2H_5OH$$

অ্যাসিড ক্লোরাইডের উপর প্রাথমিক বা দ্বিতীয়ক অ্যামিনের বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপিত অ্যামাইড প্রস্তুত করা যায়।

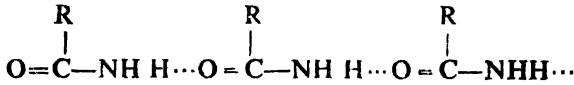
$$R\cdot COCl + R'NH_2 \longrightarrow R\cdot CONHR' + HCl$$

$$R\cdot COCl + R_2'NH \longrightarrow R\cdot CONR_2' + HCl$$

(3) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা অ্যালকাইল সায়ানাইডের আংশিক আর্দ্র বিশ্লেষণের দ্বারা অ্যামাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$R\cdot CN + H_2O \longrightarrow RCONH_2.$$

ধর্ম

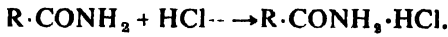
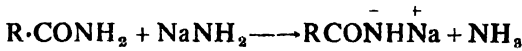
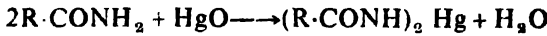
ভৌত ধর্ম ঃ ফরম্যামাইড তরল পদার্থ। এছাড়া সকল অ্যামাইড কেলাসাকার কঠিন পদার্থ এবং নিম্নতর সদস্যরা জলে দ্রাব্য। অ্যামাইডের জলীয় দ্রবণ লিটমাসে নিরপেক্ষ। অ্যামাইডগুলি অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধনী থাকায় অণুর সংযোগ ঘটে। ফলে আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধি পায় এবং গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।

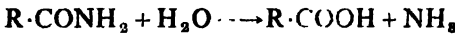
$$\overset{R}{\overset{|}{O=C}}—NH\ H\cdots O=\overset{R}{\overset{|}{C}}—NH\ H\cdots O=\overset{R}{\overset{|}{C}}—NHH\cdots$$

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (1) যদিও অ্যামাইডের জলীয় দ্রবণ লিটমাসের রঙের পরিবর্তন করতে পারে না তথাপি অ্যামাইডগুলি লঘু অ্যাসিড ও ক্ষারকের (base) সঙ্গে বিক্রিয়া করে। (উভধর্মী পদার্থ)

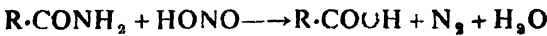
$$R\cdot CONH_2 + HCl \dashrightarrow R\cdot CONH_2\cdot HCl.$$

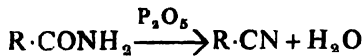
অ্যাসিড অ্যামাইড হাইড্রোক্লোরাইড

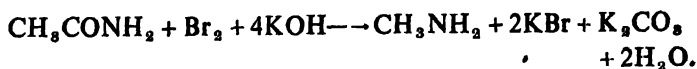
$$2R\cdot CONH_2 + HgO \longrightarrow (R\cdot CONH)_2\ Hg + H_2O$$

$$R\cdot CONH_2 + NaNH_2 \longrightarrow RCONH\overset{-}{N}\overset{+}{a} + NH_3$$

(2) অ্যামাইডগুলি জলের দ্বারা ধীরে ধীরে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। কিন্তু অ্যাসিড বা ক্ষারের দ্বারা দ্রুত আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।

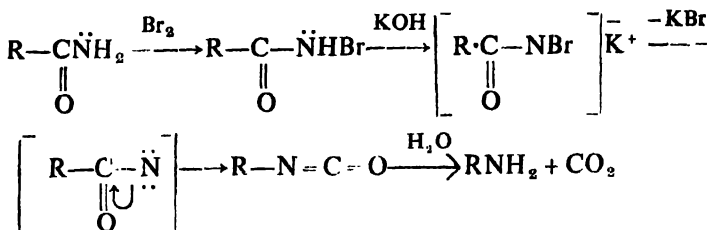
$$R\cdot CONH_2 + H_2O \dashrightarrow R\cdot COOH + NH_3$$

(3) নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামাইডগুলি কার্বক্সিল অ্যাসিড, নাইট্রোজেন ও জল উৎপন্ন করে।

$$R\cdot CONH_2 + HONO \longrightarrow R\cdot COOH + N_2 + H_2O$$

(4) ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইডের সঙ্গে অ্যামাইডকে উত্তপ্ত করলে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে অ্যালকাইল সায়ানাইড উৎপন্ন করে।

$$R\cdot CONH_2 \xrightarrow{P_2O_5} R\cdot CN + H_2O$$

(5) **হফম্যান বিক্রিয়া** (Hofmann's reaction) **ঃ** কোন অ্যামাইডকে ব্রোমিন (অথবা ক্লোরিন) এবং ক্ষারের দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যামাইডটি প্রাথমিক অ্যামিনে পরিবর্তিত হয় এবং উক্ত অ্যামিনে অ্যামাইড অপেক্ষা একটি কার্বন পরমাণু কম থাকে। এই বিক্রিয়াটিকে হফম্যান বিক্রিয়া বলে। এই পদ্ধতিতে যে প্রাথমিক অ্যামিন পাওয়া যায় তাতে দ্বিতীয়ক বা তৃতীয়ক অ্যামিন থাকে না।

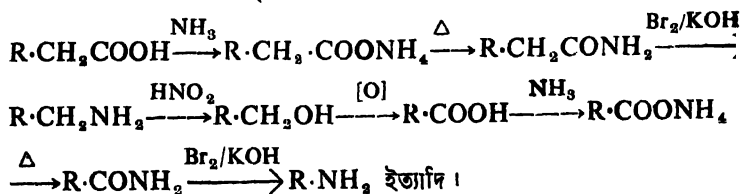
$$CH_3CONH_2 + Br_2 + 4KOH \longrightarrow CH_3NH_2 + 2KBr + K_2CO_3 + 2H_2O.$$

এই বিক্রিয়ায় অ্যামাইড থেকে প্রাথমিক অ্যামিন প্রস্তুতিতে অনেকগুলি মধ্যবর্তী যৌগ পাওয়া যায়। যেমন ব্রোম্যামাইড RCONHBr, পটাশিও ব্রোম্যামাইড $[RCONBr]'K^+$ এবং আইসোসায়ানেট RNCO পাওয়া যায়। সুতরাং এই বিক্রিয়ার ক্রিয়াবিধি হবে :

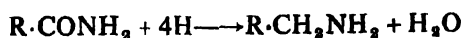
$$R{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}\ddot{N}H_2 \xrightarrow{Br_2} R{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}\ddot{N}HBr \xrightarrow{KOH} \left[R{\cdot}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}NBr\right]^- K^+ \xrightarrow{-KBr}$$

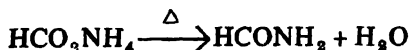
$$\left[R{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}\ddot{N}\right]^- \longrightarrow R{-}N{=}C{=}O \xrightarrow{H_2O} RNH_2 + CO_2$$

হফম্যান বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ প্রাথমিক অ্যামিন পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়ার দ্বারা কার্বক্সিল অ্যাসিডের কার্বন শৃঙ্খলের দৈর্ঘ্যকে হ্রাস করা যায়।

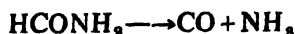
$$R{\cdot}CH_2COOH \xrightarrow{NH_3} R{\cdot}CH_2{\cdot}COONH_4 \xrightarrow{\Delta} R{\cdot}CH_2CONH_2 \xrightarrow{Br_2/KOH}$$

$$R{\cdot}CH_2NH_2 \xrightarrow{HNO_2} R{\cdot}CH_2OH \xrightarrow{[O]} R{\cdot}COOH \xrightarrow{NH_3} R{\cdot}COONH_4$$

$$\xrightarrow{\Delta} R{\cdot}CONH_2 \xrightarrow{Br_2/KOH} R{\cdot}NH_2$$ ইত্যাদি।

6. অনুঘটকীয়ভাবে বা সোডিয়াম কোহল দিয়ে অ্যামাইডকে বিজারিত করে প্রাথমিক অ্যামিনে পরিণত করা যায়। অবশ্য এক্ষেত্রে অ্যামাইড ও উৎপন্ন প্রাথমিক অ্যামিনের কার্বনের সংখ্যা সমান হবে।

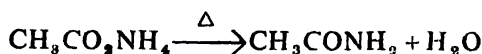
$$R{\cdot}CONH_2 + 4H \longrightarrow R{\cdot}CH_2NH_2 + H_2O$$

ফরম্যামাইড (Formamide) $HCONH_2$: অ্যামোনিয়ার উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়াম ফরমেটকে উত্তপ্ত করে ফরম্যামাইড পাওয়া যায়।

$$HCO_2NH_4 \xrightarrow{\Delta} HCONH_2 + H_2O$$

ফরম্যামাইডের গলনাঙ্ক 1·8°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 200°C। ফরম্যামাইডকে উত্তপ্ত করলে কার্বন মনোক্সাইড ও অ্যামোনিয়ায় ভেঙ্গে যায়।

$$HCONH_2 \longrightarrow CO + NH_3$$

এটি দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

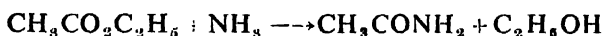
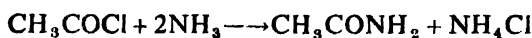
অ্যাসিট্যামাইড (Acetamide) CH_3CONH_2 **:** প্রস্তুতির যে কোন সাধারণ পদ্ধতি দিয়ে এই আদর্শ অ্যামাইড অ্যাসিট্যামাইডকে প্রস্তুত করা যায় ।

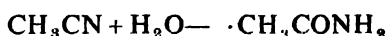
(1) অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটকে উত্তপ্ত করে

$$CH_3CO_2NH_4 \xrightarrow{\Delta} CH_3CONH_2 + H_2O$$

(2) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, অ্যানহাইড্রাইড বা ইথাইল অ্যাসিটেটকে অ্যামোনিয়া দ্বারা বিশ্লেষিত করে অ্যাসিট্যামাইড প্রস্তুত করা যায় ।

$$CH_3COCl + 2NH_3 \longrightarrow CH_3CONH_2 + NH_4Cl$$

$$(CH_3CO)_2O + 2NH_3 \longrightarrow CH_3CONH_2 + CH_3COONH_4$$

$$CH_3CO_2C_2H_5 + NH_3 \longrightarrow CH_3CONH_2 + C_2H_5OH$$

(3) মিথাইল সায়ানাইডকে আংশিক আর্দ্র বিশ্লেষিত করে অ্যাসিট্যামাইড প্রস্তুত করা যায় ।

$$CH_3CN + H_2O \longrightarrow CH_3CONH_2$$

রসায়নাগারে প্রস্তুতি : গোলতল বিশিষ্ট ফ্লাস্কে শুষ্ক ও কঠিন অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট ও গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড নেওয়া হয় । ফ্লাস্কের মুখে একটি বায়ু শীতক (air condenser) যুক্ত থাকে । ঐ ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করে রিফ্লাক্স (reflux) করা হয় । উত্তপ্ত অবস্থায় ফ্লাস্কের মধ্যের পদার্থকে পাতন ফ্লাস্কে ঢেলে পাতিত করা হয় এবং 215°C থেকে যে বস্তু পাতিত হয়ে আসে তা সংগ্রহ করা হয় । ঠাণ্ডায় এটি কঠিন হয়ে পড়ে । এই অ্যাসিট্যামাইডকে কোহল থেকে কেলাসিত করে বিশুদ্ধ করা হয় ।

ধর্ম

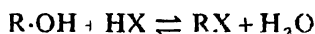
ভৌত ধর্ম : অ্যাসিট্যামাইড সাদা কেলাসাকার কঠিন । জলে, কোহলে ও ইথারে দ্রাব্য । গলনাঙ্ক 82°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 222°C । অবিশুদ্ধ অ্যাসিটামাইডের একটা গন্ধ থাকলেও বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যামাইড গন্ধহীন পদার্থ ।

রাসায়নিক ধর্ম : অ্যামাইডের সকল সাধারণ ধর্ম অ্যাসিট্যামাইড দেখায় । যা পূর্বে বলা আছে ।

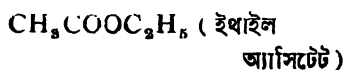
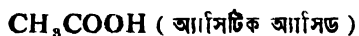
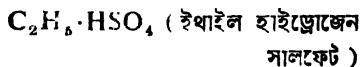
ব্যবহার : মিথাইল সায়ানাইড ও বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যামিন, ডাই-অ্যাজোমিথেন প্রস্তুতিতে এবং বিভিন্ন বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যামাইডের প্রয়োজন হয় ।

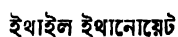
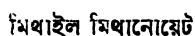
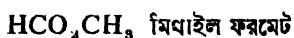
এস্টার সমূহ (Ester)

অ্যাসিড ও কোহলের বিক্রিয়ায় জলের অণু বিযুক্ত হয়ে যে শ্রেণীর যোগ উৎপন্ন হয় তাকে এস্টার বলে। অর্থাৎ অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যালকাইল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে যে যৌগ উৎপন্ন করে তাকে এস্টার বলে।

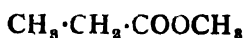
$$R{\cdot}OH + HX \rightleftharpoons RX + H_2O$$

এস্টারকে দুশ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়। অজৈব অ্যাসিড (Inorganic acid) থেকে প্রাপ্ত এস্টারকে অজৈব অ্যাসিডের এস্টার এবং জৈব কার্বক্সিল যৌগ থেকে প্রাপ্ত এস্টারকে জৈব অ্যাসিডের এস্টার বলে এবং এই শ্রেণীর সদস্যদের সাধারণত এস্টার বলা হয়।

H_2SO_4 $\qquad$ $C_2H_5{\cdot}HSO_4$ (ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট)

CH_3COOH (অ্যাসিটিক অ্যাসিড) $\qquad$ $CH_3COOC_2H_5$ (ইথাইল অ্যাসিটেট)

নামকরণ : অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর পরিবর্তে যে অ্যালকাইল মূলক সংযুক্ত হয়, সেই অ্যালকাইল মূলকের নামের পর অ্যাসিডের নামের শেষ অংশ 'ইক' (ic)-এর স্থানে 'এট' (ate) বসিয়ে এস্টারের নামকরণ করা হয়। এইভাবে সাধারণ পদ্ধতি ও I.U.P.A.C পদ্ধতিতে এস্টারদের নামকরণ করা হয়।

	সাধারণ পদ্ধতি	IUPAC পদ্ধতি
HCO_2CH_3	মিথাইল ফরমেট	মিথাইল মিথানোয়েট
$CH_3{\cdot}COOC_2H_5$	ইথাইল অ্যাসিটেট	ইথাইল ইথানোয়েট

এস্টারের সমাবয়বতা (Isomerism of ester) : এস্টারের দুই রকম সমাবয়বতা হতে পারে। যেমন (1) শৃঙ্খল সমাবয়বতা, উদাহরণ

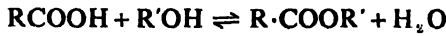
$CH_3{\cdot}COOCH_2{\cdot}CH_2CH_3$ — n প্রোপাইল অ্যাসিটেট $\qquad$ $CH_3{\cdot}COOH(CH_3)_2$ — আইসোপ্রোপাইল অ্যাসিটেট

(2) যখন এস্টার মূলকের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকাইল মূলক এস্টারে অবস্থিত অ্যালকাইল মূলকের সঙ্গে অবস্থান পরিবর্তন করে॥ উদাহরণ

$CH_3{\cdot}COOCH_2{\cdot}CH_3$ — ইথাইল অ্যাসিটেট $\qquad$ $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}COOCH_3$ — মিথাইল প্রোপিয়োনেট

কিন্তু ফরমিক এস্টারের ক্ষেত্রে অ্যাসিডের সঙ্গে সমাবয়বতা হবে। যেমন

$H{\cdot}COOC_2H_5$ — ইথাইল ফরমেট $\qquad$ $CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$ — প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড

প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ : ফ্যাটি অ্যাসিডের সঙ্গে কোহলের বিক্রিয়ায় এস্টার ও জল উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি উভমুখী (Reversible)।

$$RCOOH + R'OH \rightleftharpoons R{\cdot}COOR' + H_2O$$

সম্মুখদিকের বিক্রিয়াকে 'এস্টারিফিকেশান' (Esterification) বিক্রিয়া এবং বিপরীতমুখী বিক্রিয়াকে হাইড্রোলিসিস (Hydrolysis) বা আদ্র' বিশ্লেষণ বলে। সাধারণ তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় (Equilibrium) পৌঁছাতে অনেক সময় লাগে এবং সাম্যাবস্থায় এস্টারের পরিমাণ খুব একটা বেশি হয় না।

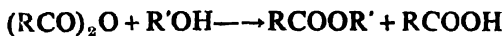
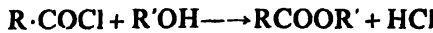
তাই এস্টারের পরিমাণ বাড়ানোর জন্য (i) তাপমাত্রা বাড়ানো হয় (ii) বিক্রিয়কের গাঢ়ত্ব বাড়ানো হয় [ভরক্রিয়ার (mass action) জন্য] (iii) প্রভাবক ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে এমন প্রভাবক ব্যবহার করা হয় যে এস্টারফিকেশান বিক্রিয়ার উৎপন্ন বস্তুর মধ্যে একটিকে অপসারিত করে আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়াটি বন্ধ করে। ফলে এস্টারের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

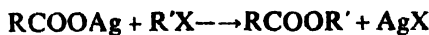
প্রভাবক হিসাবে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ব্যবহার করা হয়।

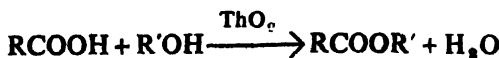
সাধারণত ফ্যাটি অ্যাসিড ও কোহল মিশ্রণটিকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে রিফ্লাক্স করে এস্টার প্রস্তুত করা হয়।

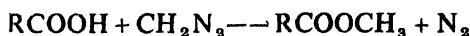
আবার ফ্যাটি অ্যাসিড ও কোহল মিশ্রণে শুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস পাঠিয়ে মিশ্রণের ওজন প্রায় 3% বাড়লে, মিশ্রণটিকে অধিক তাপে রিফ্লাক্স করা হয়। এভাবেও এস্টার প্রস্তুত করা যায় এবং এই প্রক্রিয়াকে ফিসার স্পেইয়ার পদ্ধতি (Fischer Speir Method) বলে।

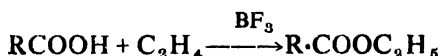
2. অ্যাসিড ক্লোরাইড বা অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে কোহল দ্রুত বিক্রিয়া করে এস্টার প্রস্তুত করে।

$$R{\cdot}COCl + R'OH \longrightarrow RCOOR' + HCl$$
$$(RCO)_2O + R'OH \longrightarrow RCOOR' + RCOOH$$

3. ফ্যাটি অ্যাসিডের সিলভার লবণের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডকে উত্তপ্ত (রিফ্লাক্স) করে এস্টার প্রস্তুত করা হয়।

$$RCOOAg + R'X \longrightarrow RCOOR' + AgX$$

4. 300°C-এ থোরিয়াম ডাই-অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে ফ্যাটি অ্যাসিডের বাষ্প কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এস্টার উৎপন্ন করে।

$$RCOOH + R'OH \xrightarrow{ThO_2} RCOOR' + H_2O$$

5. ডায়াজোমিথেনের ইথার দ্রবণের সঙ্গে ফ্যাটি অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সহজেই মিথাইল এস্টার প্রস্তুত করা যায়।

$$RCOOH + CH_2N_2 \longrightarrow RCOOCH_3 + N_2$$

6 বোরন ট্রাই-ফ্লোরাইডের উপস্থিতিতে ফ্যাটি অ্যাসিড ইথিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল এস্টার প্রস্তুত করে।

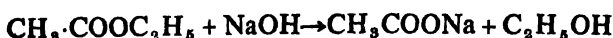
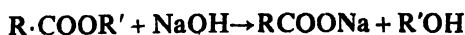
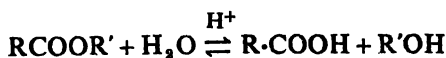
$$RCOOH + C_2H_4 \xrightarrow{BF_3} R{\cdot}COOC_2H_5$$

ভৌত ধর্ম : ফ্যাটি অ্যাসিডের এস্টারগুলি বর্ণহীন সুন্দর গন্ধযুক্ত প্রশম তরল। এস্টারগুলি জল অপেক্ষা হাল্কা এবং জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কোহল ইথার, বেনজিন ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। মিথাইল ও ইথাইল এস্টারগুলির স্ফুটনাঙ্ক অনুরূপ অ্যাসিডের থেকে কম হয়। জৈব যৌগের দ্রাবক হিসেবে এস্টারগুলি বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়। ফুল এবং ফলের সুন্দর গন্ধ সাধারণত এস্টারের জন্যই হয়। আতর ও সুগন্ধীবস্তু প্রস্তুতিতে এস্টার ব্যবহৃত হয়। মিথাইল ও ইথাইল এস্টারগুলি অনুরূপ অ্যাসিডের থেকে বেশি উদ্বায়ী।

পাকা কলার গন্ধ অ্যামাইল অ্যাসিটেট নামক এস্টারের জন্য হয়।
আপেলের গন্ধ আইসো অ্যামাইল আইসো ভ্যালেরেটের জন্য হয়।
আনারসের গন্ধ মিথাইল বিউটিরেটের জন্য হয়।
ন্যাশপাতির গন্ধ আইসো অ্যামাইল অ্যাসিটেটের জন্য হয়।

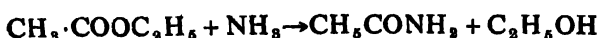
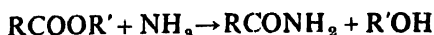
রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ : 1. এস্টারগুলি জলের দ্বারা ধীরে ধীরে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়, কিন্তু অ্যাসিড বা ক্ষার দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে তাড়াতাড়ি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ফ্যাটি অ্যাসিড ও কোহল উৎপন্ন করে। ক্ষারের দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে মুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডের পরিবর্তে, অ্যাসিডের লবণ উৎপন্ন হয়।

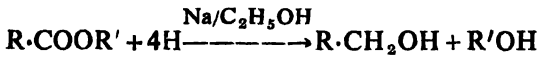
$$RCOOR' + H_2O \overset{H^+}{\rightleftharpoons} R{\cdot}COOH + R'OH$$

$$R{\cdot}COOR' + NaOH \rightarrow RCOONa + R'OH$$

$$CH_3{\cdot}COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$$

2. অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় এস্টারগুলি অ্যামাইড ও কোহলে পরিণত হয়।

$$RCOOR' + NH_3 \rightarrow RCONH_2 + R'OH$$

$$CH_3{\cdot}COOC_2H_5 + NH_3 \rightarrow CH_3CONH_2 + C_2H_5OH$$

3. সোডিয়াম ও কোহলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন এস্টারকে কোহলে পরিণত করে। এই বিক্রিয়াটিকে ববু ব্লাঙ্ক (Bauveault Blank)

$$R{\cdot}COOR' + 4H \xrightarrow{Na/C_2H_5OH} R{\cdot}CH_2OH + R'OH$$

বিজারণ বলে। কপার ক্রোমাইট অনুঘটকের উপস্থিতিতে 200°—300°C-এ এবং 100—200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এস্টারগুলিকে হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত করে কোহলে পরিণত করা যায়। এছাড়া লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ($LiAlH_4$) দিয়েও এস্টারকে বিজারিত করে কোহলে প্রস্তুত করা যায়।

4. অনেক এস্টার ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড ক্লোরাইড অ্যালকাইল ক্লোরাইড ও ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$R{\cdot}COOR' + PCl_5 \rightarrow RCOCl + R'Cl + POCl_3$$

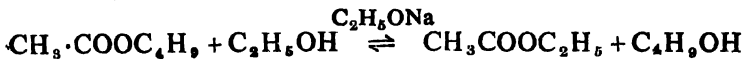
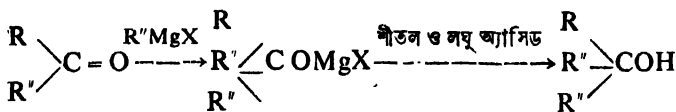
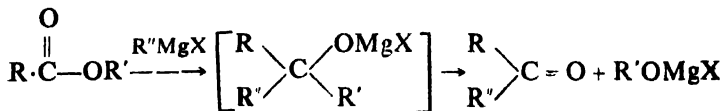
$$CH_3{\cdot}COOC_2H_5 + PCl_5 \rightarrow CH_3COCl + C_2H_5Cl + POCl_3$$

5. অ্যাসিড বা সোডিয়াম ইথক্সাইডের উপস্থিতিতে এস্টারকে অতিরিক্ত কোহল সহযোগে উত্তপ্ত (রিফ্লাক্স) করলে এস্টার মূলকে অবস্থিত অ্যালকাইল মূলক কোহলে অবস্থিত অ্যালকাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হতে পারে। এই বিক্রিয়াকে কোহল বিশ্লেষণ (Alcoholysis) বলে। সাধারণত উচ্চতর অ্যালকাইলমূলককে নিম্নতর অ্যালকাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা হয়।

$$CH_3{\cdot}COOC_4H_9 + C_2H_5OH \overset{C_2H_5ONa}{\rightleftharpoons} CH_3COOC_2H_5 + C_4H_9OH$$

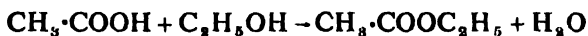
6. এস্টারের সঙ্গে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় তৃতীয়ক কোহল উৎপন্ন হয়।

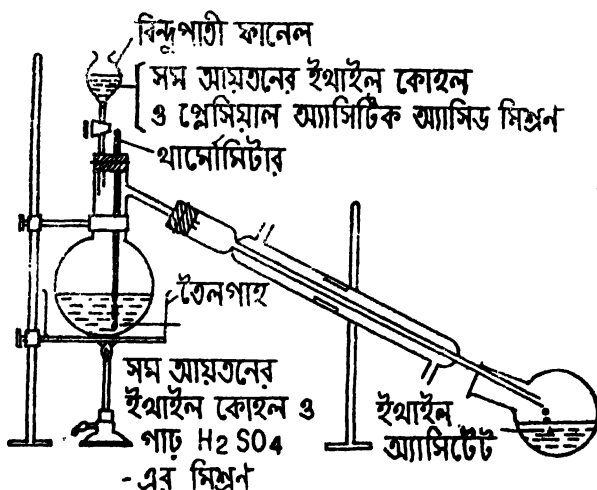
$$R{\cdot}\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}{-}OR' \xrightarrow{R''MgX} \left[\begin{matrix}R \\ R''\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}OMgX \\ R'\end{matrix}\right] \rightarrow \begin{matrix}R \\ R''\end{matrix}\!\!>C=O + R'OMgX$$

$$\begin{matrix}R \\ R''\end{matrix}\!\!>C=O \xrightarrow{R''MgX} \begin{matrix} & R & \\ R''\!\!\!& \angle C\,OMgX \\ & R'' & \end{matrix} \xrightarrow{\text{শীতল ও লঘু অ্যাসিড}} \begin{matrix}R \\ R''\!\!-\!\!\!>COH \\ R''\end{matrix}$$

ইথাইল অ্যাসিটেট, ইথাইল ইথানোয়েট $CH_3{\cdot}COOC_2H_5$

এস্টার শ্রেণীর আদর্শ উদাহরণ হলো ইথাইল অ্যাসিটেট। পূর্বে বর্ণিত সকল সাধারণ পদ্ধতি দিয়ে ইথাইল অ্যাসিটেটকে প্রস্তুত করা যায়।

রসায়নাগারে প্রস্তুতি : ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে নির্জল ইথাইল কোহল (Absolute alcohol) গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক্ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়।

$$CH_3 \cdot COOH + C_2H_5OH \rightarrow CH_3 \cdot COOC_2H_5 + H_2O$$

পার্শ্বনলযুক্ত একটি গোলতল বিশিষ্ট ফ্লাস্কের মুখে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও থার্মোমিটার কর্কের সাহায্যে আটকানো থাকে। পার্শ্বনলে একটি লিবিগ শীতক যুক্ত থাকে এবং শীতকের শেষে গ্রাহক পাত্র থাকে। ফ্লাস্কটিকে তৈলগাহের উপর বসানো থাকে। ফ্লাস্কে সমায়তন ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও নির্জল কোহল এবং বিন্দুপাতী ফানেলে সমায়তন গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও নির্জল কোহল নেওয়া হয়। ফ্লাস্কটিকে 140°C-এ উত্তপ্ত করা হয় এবং গ্রাহক পাত্রে যে হারে পাতিত হয়, সেই হারে বিন্দুপাতী ফানেল থেকে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও কোহল মিশ্রণ ফ্লাস্কের মধ্যে ফেলা হয়। অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও কোহল মিশ্রণ যোগ করা শেষ হবার পরও কিছুক্ষণ ধরে পাতন করা হয়।

চিত্র 47

গ্রাহক পাত্রে যে বস্তু পাতিত হয়ে জমা হয়, তাতে ইথাইল অ্যাসিটেটের সঙ্গে কোহল, ইথার, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, সালফার ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত বস্তুকে বিচ্ছেদক ফানেলে (Separating funnel) নিয়ে লঘু সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ সহযোগে ঝাঁকিয়ে অ্যাসিডগুলি অপসারিত করা হয়।

এরপর ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকিয়ে কোহল অপসারিত করা হয়। এস্টার জল অপেক্ষা হাল্কা বলে প্রতিক্ষেত্রে বিচ্ছেদক ফানেলের নিম্নস্তর অপসারিত করা হয়। এভাবে প্রাপ্ত ইথাইল অ্যাসিটেট গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে রেখে জলকে অপসারণ করার পর পুনঃপাতন করে বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয়।

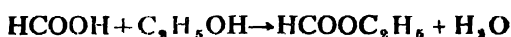
ধর্ম

ভৌত ধর্ম : ইথাইল অ্যাসিটেট সুন্দর গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল। জল অপেক্ষা হাল্কা। স্ফুটনাঙ্ক 77·5°C।

রাসায়নিক ধর্ম : এস্টারের সকল সাধারণ বিক্রিয়া ইথাইল অ্যাসিটেট দেখায় যা পূর্বে বর্ণিত আছে।

ব্যবহার : সুগন্ধি প্রস্তুতিতে এবং দ্রাবক হিসেবে ইথাইল অ্যাসিটেট ব্যবহৃত হয়।

ইথাইল ফরমেট $HCOOC_2H_5$: ফরমিক অ্যাসিডের সঙ্গে ইথাইল কোহলের বিক্রিয়ায় ইথাইল ফরমেট প্রস্তুত হয়। ফরমিক অ্যাসিড নিজেই প্রভাবকের কাজ করে। অন্য কোন প্রভাবকের প্রয়োজন হয় না।

$$HCOOH + C_2H_5OH \rightarrow HCOOC_2H_5 + H_2O$$

ইথাইল ফরমেট বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল। স্ফুটনাঙ্ক 54·3°C। এর গন্ধটা রামের (Rum) মত।

অ্যামাইল অ্যাসিটেট $CH_3COOC_5H_{11}$: ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড অ্যামাইল কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যামাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে। (ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুতির মত)।

অ্যামাইল অ্যাসিটেট পাকা কলার মত গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। সেলুলোজের দ্রাবক হিসেবে এবং সেলুলয়েড প্রস্তুতিতে প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

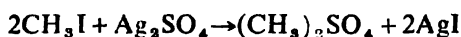
অজৈব অ্যাসিডের এস্টারসমূহ
(Esters of Inorganic Acids)

অ্যালকাইল হ্যালাইডকে সাধারণত এস্টার বলা হয় না। এদের প্যারাফিনের হ্যালোজেন জাতক বলা হয়। অজৈব অ্যাসিডের মধ্যে সালফিউরিক, নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিডের অ্যালকাইল জাতককে সাধারণত অজৈব অ্যাসিডের এস্টার

বলা হয়। এছাড়া ফসফোরিক ও বোরিক অ্যাসিডের অ্যালকাইল জাতককেও এস্টার বলা হয়।

অ্যালকাইল সালফেট এস্টারের মধ্যে ডাই-মিথাইল সালফেট, মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট, ডাই-ইথাইল সালফেট এবং ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট প্রয়োজনীয় যৌগ।

ডাই-মিথাইল সালফেট $(CH_3)_2SO_4$: (1) মিথাইল আয়োডাইডের সঙ্গে সিলভার সালফেটকে উত্তপ্ত করলে ডাই-মিথাইল সালফেট উৎপন্ন হয়।

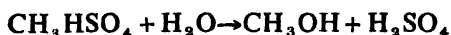
$$2CH_3I + Ag_2SO_4 \rightarrow (CH_3)_2SO_4 + 2AgI$$

(2) মিথানলের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ডাই-মিথাইল সালফেট ও মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়। কমচাপে পাতন করলে মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট পাতিত হয়ে যায়।

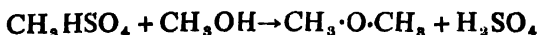
$$CH_3OH + H_2SO_4 = CH_3HSO_4 + H_2O$$
$$2CH_3HSO_4 \rightarrow (CH_3)_2SO_4 + H_2SO_4$$

(3) মিথানলের উপর ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ডাই-মিথাইল সালফেট উৎপন্ন হয়।

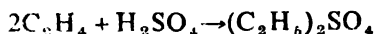
ডাই-মিথাইল সালফেট বর্ণহীন, গন্ধহীন, ভারী তরল। স্ফুটনাঙ্ক 188°C। জলে অদ্রবণীয় এবং অত্যন্ত বিষাক্ত পদার্থ। কোহল, অ্যামিন ও ফিনলের মেথিলিকরণে মিথাইল সালফেট ব্যবহৃত হয়।

মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট CH_3HSO_4 : মিথানলকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে জলগাহে উত্তপ্ত করে মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট প্রস্তুত করা হয়। মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে মিথানল ও সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

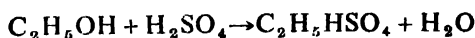
$$CH_3HSO_4 + H_2O \rightarrow CH_3OH + H_2SO_4$$

মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট অতিরিক্ত মিথানলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-মিথাইল ইথার উৎপন্ন করে।

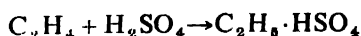
$$CH_3HSO_4 + CH_3OH \rightarrow CH_3 \cdot O \cdot CH_3 + H_2SO_4$$

ইথাইল সালফেট $(C_2H_5)_2SO_4$: মিথাইল সালফেটের মত ইথাইল সালফেটকে প্রস্তুত করা হয়। এছাড়া ঠাণ্ডা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে

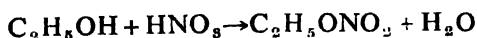
অতিরিক্ত ইথিলিন প্রবাহিত করে ইথাইল সালফেট প্রস্তুত করা হয়। ইথাইল সালফেট ভারী তরল, বিষাক্ত। স্ফুটনাঙ্ক 208°C।

$$2C_2H_4 + H_2SO_4 \rightarrow (C_2H_5)_2SO_4$$

হাইড্রক্সিল, অ্যামাইনো মূলককে অ্যালকাইলকরণে (Alkylation) ইথাইল সালফেট ব্যবহৃত হয়।

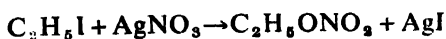
ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট $C_2H_5 \cdot HSO_4$: ইথানলের সঙ্গে ঠাণ্ডা ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডকে জলগাহের উপর উত্তপ্ত করে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট প্রস্তুত করা হয়।

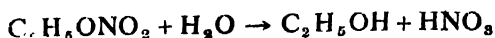
$$C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5HSO_4 + H_2O$$

এছাড়া ইথিলিনের সঙ্গে অতিরিক্ত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট প্রস্তুত করা হয়।

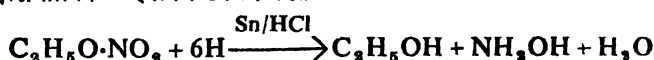
$$C_2H_4 + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5 \cdot HSO_4$$

ইথাইল নাইট্রেট $C_2H_5 \cdot ONO_2$: অ্যালকাইল নাইট্রেটের মধ্যে সব থেকে প্রয়োজনীয় যৌগ হলো ইথাইল নাইট্রেট। বরফ শীতল ইথানলে নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করে ইথাইল নাইট্রেট প্রস্তুত করা হয় এবং পরে পাতন করে বিশুদ্ধ করা হয়। সাধারণ তাপমাত্রায় ইথানল নাইট্রিক অ্যাসিড অত্যন্ত প্রবলভাবে

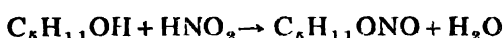
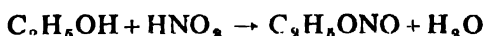
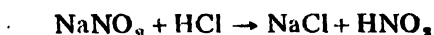
$$C_2H_5OH + HNO_3 \rightarrow C_2H_5ONO_2 + H_2O$$

বিক্রিয়া করে। এতে ইথানলের একটি অংশ জারিত হয়ে অ্যাসিট্যালডিহাইড এবং নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হয়ে নাইট্রাস অ্যাসিডে পরিণত হয়। এই নাইট্রাস অ্যাসিড প্রবলভাবে বিক্রিয়া করতে সাহায্য করে। এই মারাত্মক বিক্রিয়াটিকে কমাবার জন্য নাইট্রিক অ্যাসিডকে প্রথমে ইউরিয়া দিয়ে ফুটিয়ে নেওয়া হয়। কারণ ইউরিয়া নাইট্রাস অ্যাসিডকে নির্মূল করে ফেলে। ফলে এই নাইট্রিক অ্যাসিড ইথানলের সঙ্গে শীতল অবস্থায় প্রবলভাবে বিক্রিয়া করতে পারে না।

এছাড়া ইথাইল আয়োডাইডের সঙ্গে সিলভার নাইট্রেটের বিক্রিয়ায় ইথাইল নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।

$$C_2H_5I + AgNO_3 \rightarrow C_2H_5ONO_2 + AgI$$

ইথাইল নাইট্রেট সুন্দর গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 87·5°C। জলে অদ্রাব্য এবং জল অপেক্ষা সামান্য ভারী। জল বা ক্ষার দ্বারা ইথাইল নাইট্রেট আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ইথানল ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$C_2H_5ONO_2 + H_2O \rightarrow C_2H_5OH + HNO_3$$

টিন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ইথাইল নাইট্রেট বিজারিত হয়ে হাইড্রক্সিল্যামিন ও ইথানল উৎপন্ন করে।

$$C_2H_5O{\cdot}NO_2 + 6H \xrightarrow{Sn/HCl} C_2H_5OH + NH_2OH + H_2O$$

অ্যালকাইল নাইট্রাইট R·ONO **:** অ্যালকাইল নাইট্রাইট-এর মধ্যে সবচেয়ে প্রয়োজনীয় যৌগ হল ইথাইল নাইট্রাইট ও অ্যামাইল নাইট্রাইট। অ্যালকাইল নাইট্রাইট যৌগগুলি নাইট্রোপ্যারাফিন যৌগের সঙ্গে সমাবয়ব। কোহল ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় মিশ্রণের মধ্যে হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করে ইথাইল এবং অ্যামাইল নাইট্রাইট ($C_5H_{11}ONO$) প্রস্তুত করা হয়।

$$NaNO_2 + HCl \rightarrow NaCl + HNO_2$$
$$C_2H_5OH + HNO_2 \rightarrow C_2H_5ONO + H_2O$$
$$C_5H_{11}OH + HNO_2 \rightarrow C_5H_{11}ONO + H_2O$$

ইথাইল এবং অ্যামাইল নাইট্রাইট সুন্দর গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ এবং স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 17°C এবং 99°C। অনার্দ্র অবস্থায় নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপাদনে উভয় যৌগ ব্যবহৃত হয়। ইথাইল বা অ্যামাইল নাইট্রাইটকে ইথানলে দ্রবীভূত করে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অ্যাসিড গ্যাস প্রবাহিত করলে অনার্দ্র অবস্থায় নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এছাড়া অ্যামাইল নাইট্রাইট ওষুধ হিসেবেও ব্যবহৃত হয়।

ফ্যাটি অ্যাসিডের হ্যালোজেন জাতকসমূহ
(Halogen Derivatives of Fatty Acids)

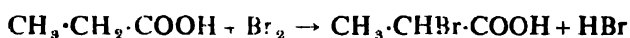
ফ্যাটি অ্যাসিডের কার্বন শৃঙ্খলে এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু সমসংখ্যক হ্যালোজেন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে যে যৌগ উৎপন্ন করে তাকে ফ্যাটি অ্যাসিডের হ্যালোজেন জাতক বা হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত ফ্যাটি অ্যাসিড বলে।

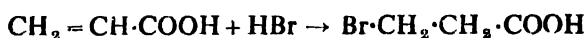
নামকরণ : হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত ফ্যাটি অ্যাসিডের নামকরণে অ্যাসিডের সাধারণ নাম ব্যবহার করা হয় এবং হ্যালোজেনের অবস্থান সুনির্দিষ্ট করার জন্য গ্রীক অক্ষর ব্যবহার করা হয়।

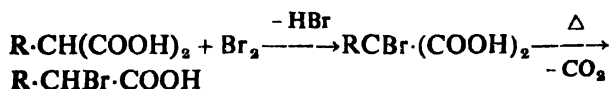
$ClCH_2{\cdot}COOH$	মনোক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড
$CH_3{\cdot}CHCl{\cdot}COOH$	α ক্লোরো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড
$ClCH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$	β ক্লোরো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড
$Br{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$	γ ব্রোমো বিউটিরিক অ্যাসিড

প্রস্তুতি : সহজে ফ্যাটি অ্যাসিডকে হ্যালোজিনেশান করা যায় না। কিন্তু অ্যাসিড ক্লোরাইড বা অ্যানহাইড্রাইডকে হ্যালোজিনেশান করা অনেক সহজ। ব্রোমিন α হাইড্রোজেনকে কেবলমাত্র প্রতিস্থাপিত করতে পারে। কিন্তু ক্লোরিন সাধারণত α হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করলেও শৃঙ্খলের অন্যান্য হাইড্রোজেনকেও প্রতিস্থাপিত করতে পারে। প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডকে ব্রোমিনেশান করলে α ব্রোমো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। কিন্তু ক্লোরিনেশান করলে α ও β ক্লোরো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড দুটি যৌগই পাওয়া যায়।

$$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}COOH + Br_2 \rightarrow CH_3{\cdot}CHBr{\cdot}COOH + HBr$$

$$CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}COOH + Cl_2 \rightarrow CH_3{\cdot}CHCl{\cdot}COOH + Cl{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$$

সাধারণত লাল ফসফরাসের উপস্থিতিতে অ্যাসিডকে ক্লোরিন অথবা ব্রোমিন বিক্রিয়া করালে α ক্লোরো অথবা ব্রোমো যৌগ উৎপন্ন হয়। অতিরিক্ত হ্যালোজেন প্রয়োগে দ্বিতীয় α হাইড্রোজেন পরমাণু হ্যালোজেন (Cl, Br) দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। এই বিক্রিয়াকে হেল ভোল্‌হার্ড জেলিংস্কি বিক্রিয়া (Hell Volhard Zelinsky reaction) বলে। $\alpha\beta$ অসম্পৃক্ত কার্বক্সিল অ্যাসিডে হাইড্রোক্লোরিক বা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড যোগ করলে β হ্যালো (Cl, Br) অ্যাসিড পাওয়া যায়। কার্বক্সিল মূলক থাকার জন্য হ্যালোজিনিক অ্যাসিড মার্কোনিকফ সূত্রের বিপরীত-ভাবে যোগ হয়।

$$\underset{\text{অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড}}{CH_2{=}CH{\cdot}COOH} + HBr \rightarrow \underset{\beta\ \text{ব্রোমো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড}}{Br{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH}$$

অ্যালকাইল ম্যালোনিক অ্যাসিডের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় ব্রোমো অ্যালকাইল ম্যালোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায় যাকে উত্তপ্ত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিযুক্ত হয়ে α ব্রোমো অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

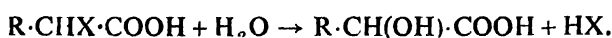
$$R{\cdot}CH(COOH)_2 + Br_2 \xrightarrow{-HBr} RCBr{\cdot}(COOH)_2 \xrightarrow[-CO_2]{\Delta} R{\cdot}CHBr{\cdot}COOH$$

γ হাইড্রক্সি অ্যাসিডের সঙ্গে হ্যালোজিনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় γ হ্যালো অ্যাসিড পাওয়া যায় ; যা ল্যাকটোনে পরিণত হয়।

$$\underset{\gamma\ \text{হাইড্রক্সি বিউটিরিক অ্যাসিড}}{HOCH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH} + HCl \rightarrow \underset{\gamma\ \text{ক্লোরোবিউটিরিক অ্যাসিড}}{Cl{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH} + H_2O.$$

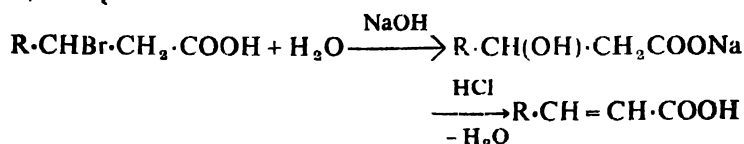
ধর্ম

ভৌত ধর্ম : হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত অ্যাসিডগুলি সাধারণ তাপমাত্রায় বর্ণহীন তরল বা কঠিন পদার্থ। হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত অ্যাসিডগুলি অনুরূপ ফ্যাটি অ্যাসিডের থেকে অধিক শক্তিশালী। এই শ্রেণীর সদস্যরা অ্যালকাইল হ্যালাইডের থেকে অধিক সক্রিয়।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) α হ্যালো অ্যাসিডগুলি সহজ ক্ষার দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে α হাইড্রক্সি অ্যাসিডে পরিণত হয়।

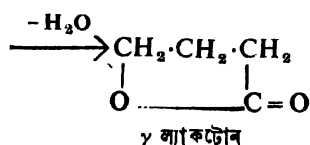
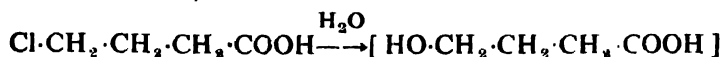
$$R{\cdot}CHX{\cdot}COOH + H_2O \rightarrow R{\cdot}CH(OH){\cdot}COOH + HX.$$

(ii) β হ্যালো অ্যাসিডকে ক্ষার দ্রবণ সহযোগে রিফ্লাক্স করলে β-হাইড্রক্সি অ্যাসিড পাওয়া যায়। যাকে অনেকক্ষণ ধরে রিফ্লাক্স করলে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে $\alpha\beta$ অসম্পৃক্ত অ্যাসিড পাওয়া যায়।

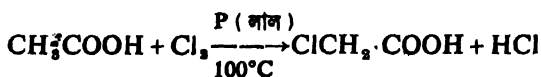
$$R{\cdot}CHBr{\cdot}CH_2{\cdot}COOH + H_2O \xrightarrow{NaOH} R{\cdot}CH(OH){\cdot}CH_2COONa$$

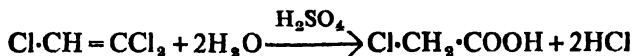
$$\xrightarrow[-H_2O]{HCl} R{\cdot}CH = CH{\cdot}COOH$$

(iii) γ হ্যালো অ্যাসিডকে ক্ষার দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে γ হাইড্রক্সি অ্যাসিড পাওয়া যায়; যাতে অজৈব অ্যাসিডযোগে উত্তপ্ত করলে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে γ ল্যাকটোন (Lactone) পাওয়া যায়। ল্যাকটোন হলো অন্তঃস্থ এস্টার (Internal ester)।

$$Cl{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH \xrightarrow{H_2O} [\, HO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH \,]$$

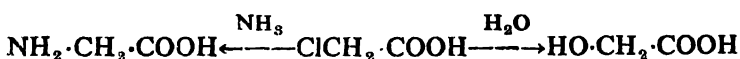
$$\xrightarrow{-H_2O} \begin{array}{l} CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2 \\ \,| \qquad\qquad\quad | \\ O \text{------------} C=O \end{array}$$

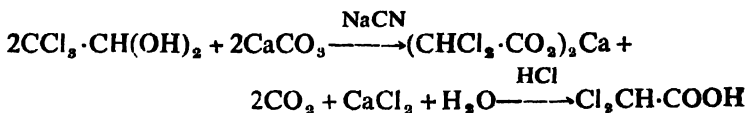
γ ল্যাকটোন

মনোক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড (Monochloro acetic acid) : লাল ফসফরাসের উপস্থিতিতে 100°C-এ ক্লোরিনের সঙ্গে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$CH_3{\cdot}COOH + Cl_2 \xrightarrow[100^\circ C]{P\ (\text{লাল})} ClCH_2{\cdot}COOH + HCl$$

90% সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ট্রাই-ক্লোরোইথিলিনের বিক্রিয়ায় ক্লোরো-অ্যাসিটিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$Cl{\cdot}CH=CCl_2+2H_2O\xrightarrow{H_2SO_4}Cl{\cdot}CH_2{\cdot}COOH+2HCl$$

ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড কঠিন ও জলাকর্ষী (Diliquescence) পদার্থ। গলনাঙ্ক 61°C। জল, কোহলে দ্রাব্য। এটি একটি ক্ষয়কর (Corrosive) পদার্থ। ইনডিগো প্রস্তুতিতে এটি ব্যবহৃত হয়।

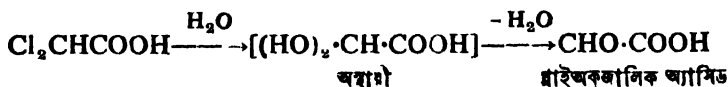
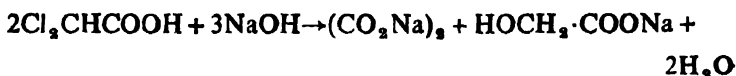
ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড জল ও অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে গ্লাইকোলিক অ্যাসিড ও অ্যামাইনো অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

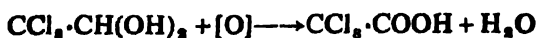
$$NH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH\xleftarrow{NH_3}ClCH_2{\cdot}COOH\xrightarrow{H_2O}HO{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$$

ডাই-ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড $Cl_2{\cdot}CHCOOH$: ক্লোরাল হাইড্রেটের তপ্ত জলীয় দ্রবণে প্রথমে ক্যালসিয়াম কার্বনেট এবং পরে সোডিয়াম সায়ানাইড যোগ করে উত্তপ্ত করলে ডাই-ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$2CCl_3{\cdot}CH(OH)_2+2CaCO_3\xrightarrow{NaCN}(CHCl_2{\cdot}CO_2)_2Ca+$$
$$2CO_2+CaCl_2+H_2O\xrightarrow{HCl}Cl_2CH{\cdot}COOH$$

ডাই-ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 194°C। জলে দ্রাব্য। ডাই-ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিডকে সাবধানে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে গ্লাইঅক্জালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$Cl_2CHCOOH\xrightarrow{H_2O}\underset{\text{অস্থায়ী}}{[(HO)_2{\cdot}CH{\cdot}COOH]}\xrightarrow{-H_2O}\underset{\text{গ্লাইঅক্জালিক অ্যাসিড}}{CHO{\cdot}COOH}$$

ঘন কস্টিক ক্ষারের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অক্জালেট এবং গ্লাইকোলেট উৎপন্ন হয়। [ক্যানিজারো বিক্রিয়ায়]

$$2Cl_2CHCOOH+3NaOH\rightarrow(CO_2Na)_2+HOCH_2{\cdot}COONa+2H_2O$$

ট্রাই-ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড $CCl_3{\cdot}COOH$: ক্লোরাল হাইড্রেটকে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে ট্রাই-ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

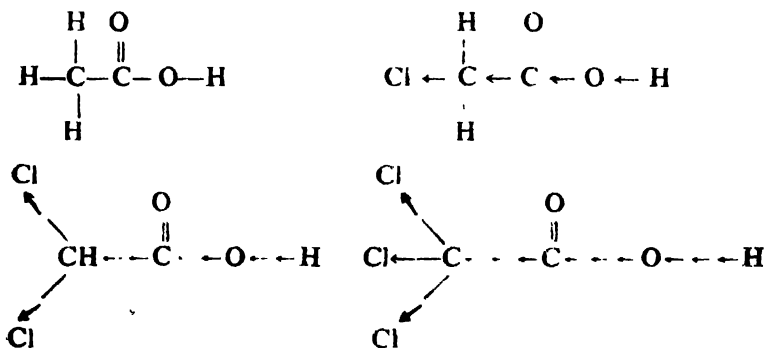
$$CCl_3{\cdot}CH(OH)_2+[O]\longrightarrow CCl_3{\cdot}COOH+H_2O$$

জৈব অ্যাসিডের মধ্যে অন্যতম তীব্র অ্যাসিড। এটি বর্ণহীন কেলাসার পদার্থ এবং জলাকর্ষী।

লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণ বা জলের সঙ্গে ফোটালে ট্রাই-ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিডের কার্বন কার্বন বন্ধনীটি ভেঙ্গে গিয়ে ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন করে।

$$CCl_3{\cdot}COOH \rightarrow CHCl_3 + CO_2$$

কার্বক্সিল অ্যাসিডের ∝-কার্বন পরমাণুতে শক্তিশালী ইলেকট্রন আকর্ষী হ্যালোজেন পরমাণু আবেশীয় ক্রিয়ার ফলে ক্লোরিন কার্বন সমযোজকের ইলেকট্রন যুগলকে নিজের দিকে টেনে আনে ফলে ক্লোরিন পরমাণুর উপর ঋণাত্মক আধান ও কার্বন পরমাণুর উপর ধনাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়। এর ফলে কার্বক্সিল মূলকের অক্সিজেন হাইড্রোজেন সমযোজকের ইলেকট্রন যুগল অক্সিজেনের দিকে সরে যায় এবং হাইড্রোজেন প্রোটন হিসেবে নিষ্ক্রান্ত হবার প্রবণতা বাড়ে অর্থাৎ অ্যাসিডটি তীব্রতর হয়। ∝-কার্বনে হ্যালোজেনের সংখ্যা বাড়লে অ্যাসিডের তীব্রতা এই একই প্রক্রিয়ায় বাড়বে। যেমন অ্যাসিটিক অ্যাসিডের থেকে মনোক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড তীব্রতর এবং মনোক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিডের থেকে ডাই-ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড তীব্র হয় এবং ট্রাই-ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড তীব্রতম।

```
    H  O                          H     O
    |  ||                         ¦
H—C—C—O—H                 Cl ← C ← C ← O ← H
    |                             ¦
    H                             H

Cl                         Cl
  ↖        O                 ↖        O
    \      ||                  \      ||
    CH← ←C· ←O← ←H        Cl←—C· · ←C← ← ←O← ← ←H
    /                          /
  ↙                          ↙
Cl                         Cl
```

প্রশ্নাবলী

1. ফ্যাটি অ্যাসিডের জাতক কাকে বলে? কত ধরনের ফ্যাটি অ্যাসিডের জাতক হতে পারে?

2. অ্যাসিড ক্লোরাইড কাকে বলে? এই শ্রেণীর যৌগদের নামকরণ কিভাবে করা হয়?

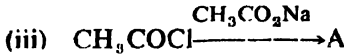
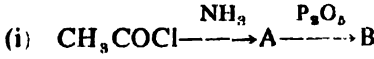
3. রসায়নাগারে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? অ্যাসিটাইলেশান কি?

4. বিক্রিয়া সম্পূর্ণ কর :—

(i) $CH_3COCl \xrightarrow{NH_3} A \xrightarrow{P_2O_5} B$

(ii) $CH_3COCl \xrightarrow[BaSO_4]{H_2/Pd} A$

(iii) $CH_3COCl \xrightarrow{CH_3CO_2Na} A$

(iv) $CH_3COCl \xrightarrow{KCN} A \xrightarrow{\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}} B$

5. অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড কাকে বলে? অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর? কি কাজে ব্যবহৃত হয় এটি?

6. নিম্নলিখিত বিক্রিয়কের সঙ্গে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় কি উৎপন্ন হবে? (i) C_2H_5OH (ii) NH_3 (iii) H_2O.

7. টীকা লিখ :—

(i) হফম্যান বিক্রিয়া (ii) এস্টারিফিকেশান বিক্রিয়া (iii) এস্টারের আর্দ্র বিশ্লেষণ (iv) ববু ব্লাঙ্ক বিক্রিয়া (v) হেল ভোলহার্ড জেলিংস্কি বিক্রিয়া।

8. অ্যাসিড অ্যামাইডের প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি আলোচনা কর।

9. অ্যাসিট্যামাইড কিভাবে রসায়নাগারে প্রস্তুত করা হয়?

10. এস্টার কাকে বলে? এস্টারের সমাবয়বতা সম্বন্ধে লেখ।

11. রসায়নাগারে ইথাইল এস্টার প্রস্তুতি বর্ণনা কর।

12. সংশ্লেষণ কর :—

(i) ইথাইল নাইট্রেট (ii) ইথাইল ফরমেট (iii) অ্যালকাইল নাইট্রাইট (iv) ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট (v) ∝ ব্রোমো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড (vi) CCl_3COOH.

13. নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলি কি শর্তে ইথাইল অ্যাসিটেটের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ কি হবে ?

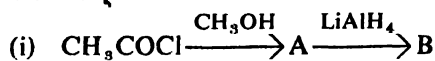
(i) PCl_5 (ii) NaOH (iii) HCl (iv) CH_3MgI

(v) $LiAlH_4$.

14. বিক্রিয়া সম্পূর্ণ কর :—

(i) $CH_3COCl \xrightarrow{CH_3OH} A \xrightarrow{LiAlH_4} B$

(ii) $R{\cdot}COOH \xrightarrow[BF_3]{C_2H_4} A \xrightarrow{NH_3} B + C$

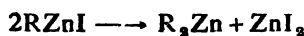
১৫

জৈব ধাতব যৌগসমূহ
Organometallic Compounds

যে জৈব যৌগে কার্বন পরমাণু সরাসরি ধাতব মূলকের সঙ্গে যুক্ত থাকে, সেই সব জৈব যৌগকে জৈব ধাতব যৌগ বলে। যেমন মিথাইল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইড (H_3C-MgX), ডাই-ইথাইল জিংক ($CH_3 \cdot CH_2-ZnCH_2CH_3$), মিথাইল লিথিয়াম ($CH_3Li$) ইত্যাদি। কিন্তু ধাতব অ্যালকক্সাইড (R—O—Na) বা কার্বক্সিল অ্যাসিডের (R·COOH) ধাতব লবণগুলি জৈব ধাতব যৌগের উদাহরণ নয়, কারণ অ্যালকক্সাইড বা কার্বক্সিল অ্যাসিডের লবণগুলিতে ধাতুটি সরাসরি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত নয়।

জৈব জিংক যৌগ বা জিংক অ্যালকাইল যৌগ সমূহ বা ডাই-অ্যালকাইল জিংক ঃ 1849 খ্রীষ্টাব্দে ফ্রাংকল্যাণ্ড (Frankland) ডাই-অ্যালফাইল জিংক নামে প্রথম জৈব ধাতব যৌগ প্রস্তুত করেন। ইথাইল আয়োডাইড থেকে আয়োডিনকে জিংক দিয়ে অপসারিত করে ইথাইল মূলক প্রস্তুত করতে গিয়ে ফ্রাংকল্যাণ্ড ডাই-ইথাইল জিংক প্রস্তুত করেন।

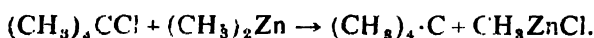
জিংক কপার কাপল (Couple) বা জিংক কপার সংকর ধাতুর সঙ্গে অ্যাল-কাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যালকাইল জিংক প্রস্তুত করা যায়। অ্যালকাইল ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড আয়োডাইডের মত তত সক্রিয় নয় বলে অ্যালকাইল ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড ডাই-অ্যালকাইল জিংক প্রস্তুতিতে কাজে লাগে না। এছাড়া কার্বন ডাই-অক্সাইড মাধ্যমে অ্যালকাইল আয়োডাইড জিংকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাল-কাইল জিংক আয়োডাইড (RZnI) উৎপন্ন করে, যাকে শূন্যচাপে (Vacuum) বা কার্বন ডাই-অক্সাইড মাধ্যমে পাতিত করলে ডাই-অ্যালকাইল জিংক পাওয়া যায়।

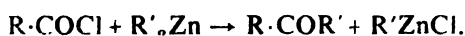
$$RI + Zn \longrightarrow RZnI$$

$$2RZnI \longrightarrow R_2Zn + ZnI_2$$

ডাই-অ্যালকাইল জিংক বিশ্রী গন্ধযুক্ত বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল। বায়ুতে সতত জ্বলে ওঠে। এর জন্য কার্বন ডাই-অক্সাইড মাধ্যমে এদের প্রস্তুত করা হয়। চামড়ায় পড়লে চামড়া পুড়ে যায়। গ্রিগনার্ড বিকারকের মত ডাই-অ্যালকাইল জিংক কোহল,

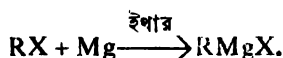
কিটোন, হাইড্রোকার্বন ইত্যাদি নানাবিধ যৌগ সংশ্লেষণে ব্যবহার করা যায়। কিন্তু ডাই-অ্যালকাইল জিংককে নিয়ে কাজ করার অনেক ঝামেলা থাকায় বিশেষ কয়েকটি যৌগ প্রস্তুতিতে সাধারণত এটি ব্যবহৃত হয়।

(1) **নিওঅ্যালকেন** (Neoalkane) [কোয়াটার্নারী কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট অ্যালকেন] **প্রস্তুতি :** টারবিউটাইল ক্লোরাইডের [$(CH_3)_3CCl$] সঙ্গে ডাই-মিথাইল জিংকের বিক্রিয়ায় নিওপেন্টেন প্রস্তুত করা যায়।

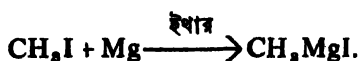
$$(CH_3)_3CCl + (CH_3)_2Zn \rightarrow (CH_3)_4{\cdot}C + CH_3ZnCl.$$

(2) **কিটোন প্রস্তুতি :** ডাই-অ্যালকাইল জিংকের সঙ্গে অ্যাসাইল ক্লোরাইডের (RCOCl) বিক্রিয়ায় কিটোন উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন কিটোনের সঙ্গে ডাই-অ্যালকাইল জিংক অত্যন্ত ধীরে বিক্রিয়া করে বলে কিটোনকে ভালো পরিমাণে পাওয়া যায়।

$$R{\cdot}COCl + R'_2Zn \rightarrow R{\cdot}COR' + R'ZnCl.$$

গ্রিগনার্ড বিকারকসমূহ (Grignard Reagents)

অ্যালকাইল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইডকে (RMgX) গ্রিগনার্ড বিকারক বলে। অ্যালকাইল হ্যালাইডের ইথারীয় (Ethereal) দ্রবণে ধাতব ম্যাগনেশিয়ামকে দ্রবীভূত করে 1900 খ্রীষ্টাব্দে ভিক্টর গ্রিগনার্ড (Victor Grignard) অ্যালকাইল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইড প্রস্তুত করেন। এই গ্রিগনার্ড বিকারক দিয়ে প্রায় সব রকম জৈব যৌগ সংশ্লেষণ করা যায় এবং এই অত্যন্ত প্রয়োজনীয় বিকারক প্রস্তুত করার জন্য ভিক্টর গ্রিগনার্ডকে 1912 খ্রীষ্টাব্দে নোবেল পুরস্কার দেওয়া হয়।

$$RX + Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} RMgX.$$

গ্রিগনার্ড বিকারক প্রস্তুতিতে বিকারকসমূহ এবং যন্ত্রপাতী অত্যন্ত বিশুষ্ক এবং গ্রীজ (Greeze) মুক্ত হওয়ার প্রয়োজন। অতি অল্প পরিমাণে জল বা জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ বন্ধ হয়ে যায়। ম্যাগনেশিয়ামের উপর গ্রীজের আস্তরণ পড়লে বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে যায়। বিকারকসমূহ অত্যন্ত বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন।

গ্রিগনার্ড বিকারকের আদর্শ নমুনার প্রস্তুতি : মিথাইল ম্যাগনেশিয়াম আয়োডাইড হলো এই শ্রেণীর আদর্শ নমুনা। বিশুদ্ধ, বিশুষ্ক ও কোহলমুক্ত ইথারের উপস্থিতিতে বিশুদ্ধ ও বিশুষ্ক মিথাইল আয়োডাইড, বিশুদ্ধ ও বিশুষ্ক ম্যাগনেশিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথাইল ম্যাগনেশিয়াম আয়োডাইড উৎপন্ন করে।

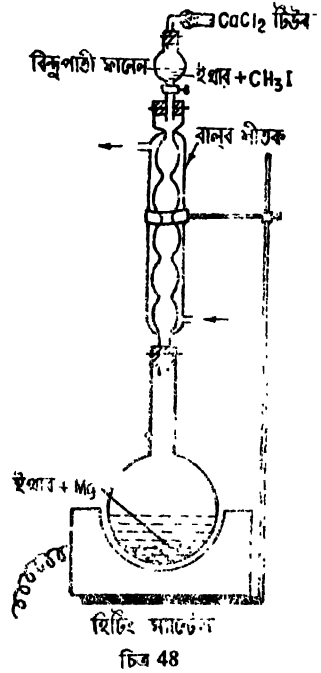
$$CH_3I + Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} CH_3MgI.$$

একটি গোলতল বিশিষ্ট ফ্লাস্কের সঙ্গে বাল্‌ব শীতক (Bulb condenser) এবং শীতকের মাথায় বিন্দুপাতী ফানেল এবং ফানেলের মাথায় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড টিউব আটকানো থাকে।

ফ্লাস্কটি হিটিং ম্যাণ্টেল-এর উপর বসানো থাকে। গোলতল ফ্লাস্কে ইথার ও ম্যাগনেশিয়াম এবং বিন্দুপাতী ফানেলে মিথাইল আয়োডাইডের ইথারীয় দ্রবণ নেওয়া হয়। শীতকের মধ্যে বরফশীতল জল পরিচালিত করা হয়। বাতাসের জলীয় অংশ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড টিউব ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করতে দেয় না। কারণ জলীয় বাষ্প বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণভাবে বন্ধ করে দেয়।

চিত্র 48

এখন আস্তে আস্তে মিথাইল আয়োডাইডের ইথারীয় দ্রবণ ফ্লাস্কে যোগ করা হয়। বিক্রিয়াটি সূচনা করার জন্য আয়োডিনের ছোট খণ্ড যোগ করা হয়। এতেও যদি বিক্রিয়াটি আরম্ভ না হয় তবে ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক। সুতরাং একবার আরম্ভ হলে বিক্রিয়াটি প্রবল আকার ধারণ করে এবং বিক্রিয়াটির গতি মন্থর করার জন্য ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করার প্রয়োজন হয়। উৎপন্ন গ্রিগনার্ড বিকারক ইথারে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকবে। চাপহীন অবস্থায় পাতন করে ইথারকে অপসারিত করলে কঠিন গ্রিগনার্ড বিকারক পাওয়া যায়। কিন্তু কঠিন গ্রিগনার্ড বিকারক অত্যন্ত বিস্ফোরক পদার্থ এবং সমস্ত রকম বিক্রিয়ায় সাধারণত গ্রিগনার্ড বিকারকের ইথারীয় দ্রবণ ব্যবহার করা হয় বলে কঠিন গ্রিগনার্ড বিকারক প্রস্তুত করা হয় না। ডাই-ইথাইল ইথারের পরিবর্তে টেট্রাহাইড্রো ফিউরান বা উচ্চ আণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট অন্য ইথারও দ্রাবক হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

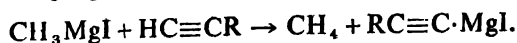
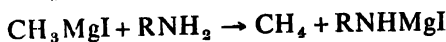
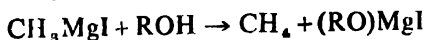
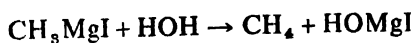
অক্সিজেনের সঙ্গে উৎপন্ন গ্রিগনার্ড বিকারক বিক্রিয়া করে বলে গ্রিগনার্ড বিকারক উৎপন্ন করার সঙ্গে সঙ্গে কাজে লাগিয়ে ফেলা হয়।

বিক্রিয়াসমূহ : (1) সক্রিয়ক হাইড্রোজেন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া : গ্রিগনার্ড বিকারক সক্রিয় হাইড্রোজেন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগ, যেমন

অ্যাসিড, কোহল, জল, প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক কোহল HC≡বিশিষ্ট অ্যালকাইল যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকেন প্রস্তুত করে।

$$CH_3MgI + HOH \rightarrow CH_4 + HOMgI$$

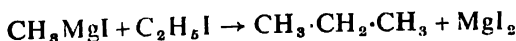
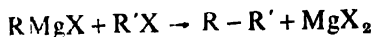
$$CH_3MgI + ROH \rightarrow CH_4 + (RO)MgI$$

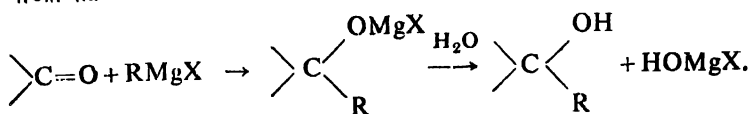
$$CH_3MgI + RNH_2 \rightarrow CH_4 + RNHMgI$$

$$CH_3MgI + HC{\equiv}CR \rightarrow CH_4 + RC{\equiv}C{\cdot}MgI.$$

উৎপন্ন মিথেনের আয়তন মেপে যৌগে কতগুলি সক্রিয় হাইড্রোজেন আছে তা নির্ণয় করা যায়।

(2) **অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** গ্রিগনার্ড বিকারক অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উচ্চতর অ্যালকেন প্রস্তুত করে।

$$RMgX + R'X \rightarrow R - R' + MgX_2$$

$$CH_3MgI + C_2H_5I \rightarrow CH_3{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3 + MgI_2$$

(3) **কার্বনিল যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া :** কার্বনিল যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া করে গ্রিগনার্ড বিকারক যে যুত যৌগ গঠন করে, তাকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে কোহল পাওয়া যায়।

$$>C{=}O + RMgX \rightarrow >C<^{OMgX}_{R} \xrightarrow{H_2O} >C<^{OH}_{R} + HOMgX.$$

কার্বনিল যৌগ যুতযৌগ কোহল

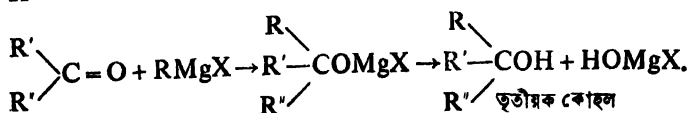
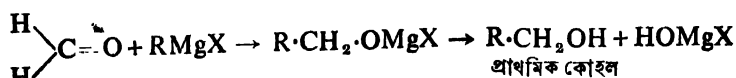
কার্বনিল যৌগের তারতম্য অনুসারে কোন শ্রেণীর কোহল উৎপন্ন হবে তা নির্ভরশীল। যেমন ফরম্যালডিহাইড ব্যবহারে প্রাথমিক কোহল, ফরম্যালডিহাইড ব্যতীত অন্য যে কোন অ্যালডিহাইড ব্যবহারে দ্বিতীয়ক কোহল এবং কিটোন ব্যবহারে তৃতীয়ক কোহল উৎপন্ন হয়।

$$\begin{matrix}H\\H\end{matrix}>C{=}O + RMgX \rightarrow R{\cdot}CH_2{\cdot}OMgX \rightarrow R{\cdot}CH_2OH + HOMgX$$

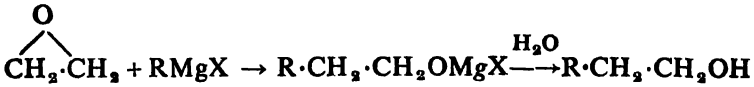
প্রাথমিক কোহল

$$\begin{matrix}R'\\H\end{matrix}>C{=}O + RMgX \rightarrow \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}>CHOMgX \rightarrow \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}>CHOH + (HO)MgX$$

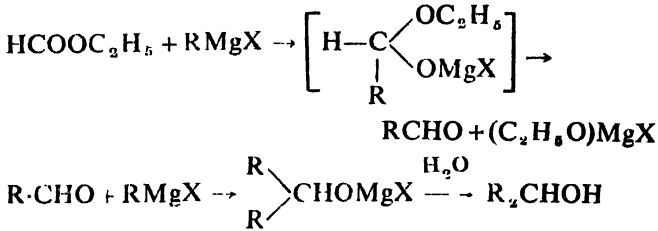
দ্বিতীয়ক কোহল

$$\begin{matrix}R'\\R'\end{matrix}>C{=}O + RMgX \rightarrow \begin{matrix}R\\R'\\R''\end{matrix}{-}COMgX \rightarrow \begin{matrix}R\\R'\\R''\end{matrix}{-}COH + HOMgX.$$

তৃতীয়ক কোহল

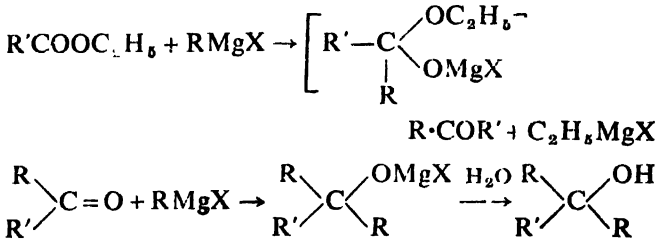
গ্রিগনার্ড বিকারকের সঙ্গে ইথিলিন অক্সাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যুত যৌগকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে প্রাথমিক কোহল পাওয়া যায়। কিন্তু এক্ষেত্রে উৎপন্ন প্রাথমিক কোহলে দুটি কার্বন পরমাণু একসঙ্গে বৃদ্ধি পায়। (ফরম্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে একটি)

$$\underset{\text{(O bridging)}}{CH_2\cdot CH_2} + RMgX \rightarrow R\cdot CH_2\cdot CH_2OMgX \xrightarrow{H_2O} R\cdot CH_2\cdot CH_2OH$$

অতিরিক্ত গ্রিগনার্ড বিকারকে ইথাইল ফরমেট যোগ করলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়, যার সঙ্গে অতিরিক্ত গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় দ্বিতীয়ক কোহল উৎপন্ন হয়।

$$HCOOC_2H_5 + RMgX \rightarrow \left[H-\underset{R}{\underset{|}{C}}\begin{matrix} OC_2H_5 \\ OMgX \end{matrix} \right] \rightarrow RCHO + (C_2H_5O)MgX$$

$$R\cdot CHO + RMgX \rightarrow \begin{matrix} R \\ R \end{matrix}\!\!>\!CHOMgX \xrightarrow{H_2O} R_2CHOH$$

ফরমিক এস্টার ব্যতীত অন্য অ্যাসিডের এস্টারের সঙ্গে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় তৃতীয়ক কোহল উৎপন্ন হয়।

$$R'COOC_2H_5 + RMgX \rightarrow \left[R'-\underset{R}{\underset{|}{C}}\begin{matrix} OC_2H_5 \\ OMgX \end{matrix} \right] \rightarrow R\cdot COR' + C_2H_5MgX$$

$$\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>\!C=O + RMgX \rightarrow \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>\!C\!<\!\begin{matrix} OMgX \\ R \end{matrix} \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>\!C\!<\!\begin{matrix} OH \\ R \end{matrix}$$

কিন্তু ফরমিক এস্টারে (1 অণু) গ্রিগনার্ড বিকারক (এক অণু) যোগ করলে অ্যালডিহাইড এবং ফরমিক এস্টার ব্যতীত অন্য এস্টারে (এক অণু) গ্রিগনার্ড বিকারক (এক অণু) যোগ করলে কিটোন পাওয়া যায়।

(4) কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া : কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে গ্রিগনার্ড বিকারক যোগ করলে যে যুত যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে ঠাণ্ডা লঘু অ্যাসিড দিয়ে বিশ্লেষিত করলে কার্বক্সিল অ্যাসিড পাওয়া যায়।

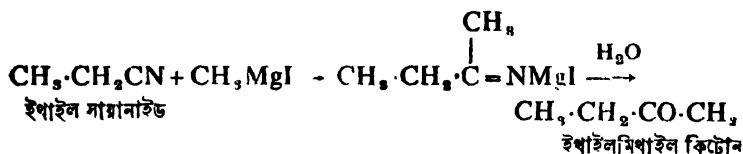
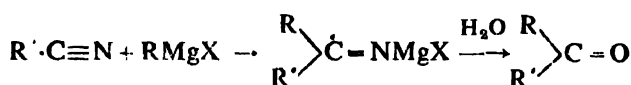
$$RMgX + CO_2 \rightarrow RCO_2MgX \xrightarrow[H_2O]{H^+} RCO_2H$$

$$CH_3MgI + CO_2 \rightarrow CH_3CO_2MgI \xrightarrow{H^+/H_2O} CH_3COOH$$

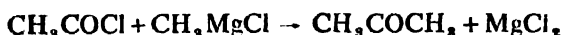
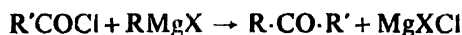
(5) **অ্যালকাইল সায়ানাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** অ্যালকাইল সায়ানাইডের সঙ্গে গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যুত যৌগকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে কিটোন পাওয়া যায়। অবশ্য মিথাইল সায়ানাইড কিটোন উৎপন্ন করে না।

$$R'\cdot C\equiv N + RMgX \rightarrow \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>C=NMgX \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>C=O$$

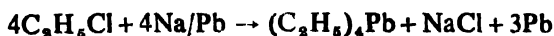
$$CH_3\cdot CH_2CN + CH_3MgI \rightarrow CH_3\cdot CH_2\cdot \overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}=NMgI \xrightarrow{H_2O} CH_3\cdot CH_2\cdot CO\cdot CH_3$$

ইথাইল সায়ানাইড → ইথাইলমিথাইল কিটোন

(6) **অ্যাসিড ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** অ্যাসিড ক্লোরাইড (এক অণু) গ্রিগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কিটোন পাওয়া যায়।

$$R'COCl + RMgX \rightarrow R\cdot CO\cdot R' + MgXCl$$

$$CH_3COCl + CH_3MgCl \rightarrow CH_3COCH_3 + MgCl_2$$

টেট্রাইথাইল লেড $(C_2H_5)_4Pb$: লেডের জৈব ধাতব যৌগের মধ্যে টেট্রাইথাইল লেড অত্যন্ত প্রয়োজনীয় যৌগ এবং জৈব ধাতব যৌগের মধ্যে সবচেয়ে বেশি পরিমাণে শিল্পে ব্যবহৃত হয়। গ্যাসোলিনের এবং পেট্রোলের অ্যান্টিনকিং (Antiknocking) ধর্মের উন্নতি করার জন্য টেট্রাইথাইল লেড যোগ করা হয়। এতে পেট্রোল ও গ্যাসোলিনের অক্টেন নম্বর বাড়ে।

অধিক চাপে ইথাইল ক্লোরাইডকে সোডিয়াম লেড সংকর ধাতুর সঙ্গে উত্তপ্ত করলে টেট্রাইথাইল লেড উৎপন্ন হয়।

$$4C_2H_5Cl + 4Na/Pb \rightarrow (C_2H_5)_4Pb + NaCl + 3Pb$$

টেট্রাইথাইল্ লেড বর্ণহীন, ভারী তরল। স্ফুটনাঙ্ক 200°C। জলে অদ্রাব্য কিন্তু ইথারে দ্রাব্য। 1 c.c. থেকে 3 c.c. টেট্রাইথাইল লেড প্রতি গ্যালন পেট্রোলে যোগ করলে মোটর গাড়ীর ইঞ্জিনে ঝাঁকানি অনেক কমে। এই টেট্রাইথাইল লেড যুক্ত পেট্রোল ইঞ্জিনে দহনের ফলে লেড যাতে জমা হতে না পারে তার জন্য এই পেট্রোলের সঙ্গে ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড যোগ করা হয়। ফলে লেড লেড ডাই-ব্রোমাইডে পরিণত হয় এবং এটি যথেষ্ট উদ্বায়ী। ফলে পাইপ দিয়ে অন্যান্য গ্যাসের সঙ্গে বেড়িয়ে যায়।

প্রশ্নাবলী

1. জৈব ধাতব যৌগ কাকে বলে? উদাহরণ দাও।
2. ডাই-অ্যালকাইল জিংক কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? কোন্ জৈব যৌগ প্রস্তুতিতে সাধারণত ডাই-অ্যালকাইল জিংক ব্যবহার করা হয়?
3. গ্রিগনার্ড বিকারক কাদের বলে? একটি আদর্শ গ্রিগনার্ড বিকারকের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। নিম্নলিখিত যৌগগুলি সংশ্লেষণে কোন্ বিক্রিয়কের সঙ্গে উপযুক্ত গ্রিগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়া সম্ভব?—(i) প্রোপেন (ii) আইসোপ্রোপাইল কোহল (iii) টারবিউটাইল কোহল (iv) বিউটিরিক অ্যাসিড (v) ইথাইল মিথাইল কিটোন।
4. নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির সঙ্গে ইথাইল ম্যাগনেশিয়াম আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় কোন্ প্রকার এবং কি জৈবযৌগ উৎপন্ন হবে? প্রতি ক্ষেত্রে শর্ত উল্লেখ কর। (i) ইথিলিন অক্সাইড (ii) ফরম্যালডিহাইড (iii) অ্যাসিট্যালডিহাইড (iv) CO_2 (v) ইথাইল সায়ানাইড (vi) ইথাইল ফরমেট (vii) মিথাইল অ্যাসিটেট (viii) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড।
5. টেট্রাইথাইল লেড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? কোন্ কাজে এটি ব্যবহৃত হয়?

১৬

স্নেহজ বা অ্যালিফ্যাটিক নাইট্রোজেন যৌগসমূহ
Aliphatic Nitrogenous Compounds

এই শ্রেণীর যৌগের মধ্যে অ্যাসিড অ্যামাইডকে আগেই আলোচনা করা হয়েছে। এই অধ্যায়ে অন্যান্য অ্যালিফ্যাটিক নাইট্রোজেন যৌগসমূহকে আলোচিত করা হয়েছে।

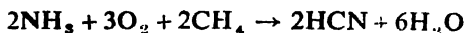
হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন সায়ানাইড, HCN : শীলে প্রথম 1782 খ্রীষ্টাব্দে এই অ্যাসিডটি আবিষ্কার করেন। তেঁতো বাদাম (Bitter almonds) থেকে প্রাপ্ত অ্যামিগডালিন (Amygdalin) নামে এক ধরনের গ্লুকোসাইড (Glucoside)-কে আর্দ্র বিশ্লেষণ করে শীলে প্রথম হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন।

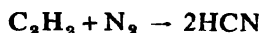
$$C_{20}H_{27}NO_{11} + 2H_2O \xrightarrow{H^+} HCN + C_6H_5 \cdot CHO + 2C_6H_{12}O_6$$

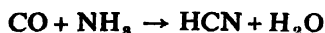
প্রস্তুতি : (i) সোডিয়াম সায়ানাইডের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অনার্দ্র হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$NaCN + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCN$$

(2) অ্যামোনিয়া, অক্সিজেন এবং মিথেন মিশ্রণকে 1000°C-এ প্ল্যাটিনাম তার-জালির উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$2NH_3 + 3O_2 + 2CH_4 \rightarrow 2HCN + 6H_2O$$

(3) বৈদ্যুতিক স্ফুলিঙ্গের তাপমাত্রায় অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে নাইট্রোজেনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

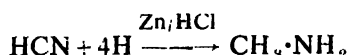
$$C_2H_2 + N_2 \rightarrow 2HCN$$

(4) 500°—700°C-এ অ্যালুমিনা প্রভাবকের উপর দিয়ে কার্বন মনোক্সাইড ও অ্যামোনিয়া মিশ্রণ প্রবাহিত করলে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

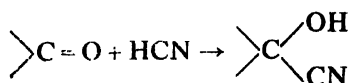
$$CO + NH_3 \rightarrow HCN + H_2O$$

ধর্ম : অনার্দ্র হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল (স্ফুটনাঙ্ক 26°C) অত্যন্ত বিষাক্ত। এটি অত্যন্ত মৃদু অ্যাসিড এবং জল, কোহল ও ইথারে যে কোন অনুপাতে দ্রাব্য।

বিক্রিয়া : (1) হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ আস্তে আস্তে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে প্রথমে ফরম্যামাইড এবং পরে অ্যামোনিয়াম ফরমেটে পরিণত হয়। অজৈব অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বিক্রিয়াটি ত্বরান্বিত হয়।

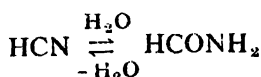
$$HCN + H_2O \rightarrow HCONH_2 \xrightarrow{H_2O} HCO_2NH_4$$

(2) জায়মান হাইড্রোজেন হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে মিথাইল অ্যামিনে পরিণত করে।

$$HCN + 4H \xrightarrow{Zn/HCl} CH_3{\cdot}NH_2$$

(3) অ্যালডিহাইড বা কিটোনের সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সায়ানোহাইড্রিন উৎপন্ন হয়।

$$>C=O + HCN \rightarrow >C\begin{matrix}OH \\ CN\end{matrix}$$

ব্যবহার : (1) কৃষিকাজের উন্নতির জন্য পোকামাকড় মারতে, (2) সোনা এবং রূপো নিষ্কাশনে, (3) সায়ানোহাইড্রিন ও অন্যান্য জৈবযৌগ সংশ্লেষণে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

গঠন : (1) হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে ফরম্যামাইড পাওয়া যায় এবং ফরম্যামাইড জলবিয়োজন বিক্রিয়ায় হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড প্রস্তুত করে। অতএব ফর্মিক অ্যাসিডের নাইট্রাইল হলো হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড (HCN)।

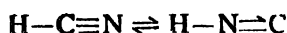
$$HCN \underset{-H_2O}{\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}} HCONH_2$$

(2) হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড দু'ধরনের অ্যালকাইল জাতক দেয়। যেমন অ্যালকাইল সায়ানাইড RCN। সেটি হাইড্রোজেন সায়ানাইডের HCN জাতক এবং অ্যালকাইল আইসোসায়ানাইড RNC সেটি হাইড্রোজেন আইসোসায়ানাইডের HNC জাতক।

(3) আগে HCN এবং RCN-এর গঠন যথাক্রমে $H-C\equiv N$ এবং $R-C\equiv N$ বলে বিশ্বাস করা হতো, কিন্তু দ্বিমেরু ভ্রামক (Dipole moments) মেপে জানা গেল যে, অ্যালকাইল সায়ানাইডের সংস্পন্দন সঙ্কর গঠন হলো,

$$R-C\equiv\ddot{N} \leftrightarrow R-\overset{+}{C}=\overset{-}{\ddot{N}}:$$

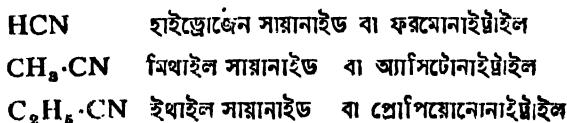
(4) হাইড্রোজেন আইসোসায়ানাইডের গঠন H—N=C< বা H—N≡C হতে পারে না। কারণ প্রথম গঠনটি অত্যন্ত অস্থায়ী (মুক্ত মূলকের জন্য) হবে এবং দ্বিতীয়টিতে নাইট্রোজেন পঞ্চ সমবন্ধন (Covalent bond) দেখায়, সেটি অসম্ভব। কিন্তু HNC-এর গঠন H—N⇉C হলে সমস্যাটি দূর হয়।

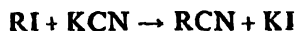
অতএব হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন সায়ানাইড (99·5%) এবং হাইড্রোজেন আইসোসায়ানাইড (0 5%) টটোমেরিক (Tautomeric) মিশ্রণ যেটি রমন বর্ণালী (Raman Spectrum) থেকে সমর্থন করা যায়।

$$H-C\equiv N \rightleftharpoons H-N\overset{\rightarrow}{=}C$$

অ্যালকাইল সায়ানাইড RCN

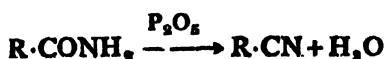
অ্যালকাইল সায়ানাইডকে অনেক সময় নাইট্রাইল (Nitrile) বলা হয়।

নামকরণঃ অ্যালকাইল সায়ানাইডে যে অ্যালকাইল মূলক আছে সেই অ্যালকাইল মূলকের নামের পর সায়ানাইড যোগ করে সাধারণভাবে এই শ্রেণী সদস্যদের নামকরণ করা হয়। এ ছাড়া অ্যালকাইল সায়ানাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে যে কার্বক্সিল অ্যাসিড পাওয়া যায় সেই অ্যাসিডের সাধারণ নামের শেষ অংশ 'ইক' (ic) 'ওনাইট্রাইল' (onitrile) দিয়ে পরিবর্তন করে করা হয়। যেমন,

HCN	হাইড্রোজেন সায়ানাইড বা ফরমোনাইট্রাইল
$CH_3 \cdot CN$	মিথাইল সায়ানাইড বা অ্যাসিটোনাইট্রাইল
$C_2H_5 \cdot CN$	ইথাইল সায়ানাইড বা প্রোপিয়োনোনাইট্রাইল

প্রস্তুতিঃ (1) পটাশিয়াম সায়ানাইডের কোহল মিশ্রিত জলীয় দ্রবণের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডকে উত্তপ্ত করলে অ্যালকাইল সায়ানাইড উৎপন্ন হয়। এই

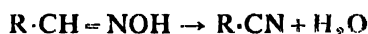
$$RI + KCN \rightarrow RCN + KI$$

বিক্রিয়ায় অল্প পরিমাণে আইসোসায়ানাইডও প্রস্তুত হয়। প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যালকাইল হ্যালাইডের ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়ায় বেশ সন্তোষজনক ফল পাওয়া যায়। কিন্তু তৃতীয়ক হ্যালাইডের ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়ায় অলিফিন উৎপন্ন হয়।

(2) অ্যাসিড অ্যামাইডকে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড দিয়ে উত্তাপে জল বিযোজন করে অ্যালকাইল সায়ানাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$R\cdot CONH_2 \xrightarrow{P_2O_5} R\cdot CN + H_2O$$

(3) 500°C-এ অ্যালুমিনা প্রভাবকের উপর দিয়ে কার্বক্সিল অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়া মিশ্রণ প্রবাহিত করে সায়ানাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$R{\cdot}COOH + NH_3 \rightarrow R{\cdot}COONH_4 \xrightarrow{Al_2O_3} R{\cdot}CN + 2H_2O$$

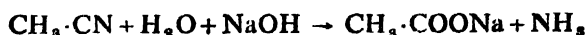
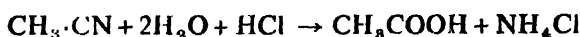
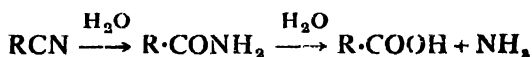
(4) ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইড বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড দিয়ে অ্যালডক্সিম থেকে জল বিযুক্ত করে সায়ানাইড প্রস্তুত করা যায়।

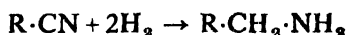
$$R{\cdot}CH = NOH \rightarrow R{\cdot}CN + H_2O$$

ধর্ম : অ্যালকাইল সায়ানাইড বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত, স্থায়ী যৌগ। হাইড্রোজেন সায়ানাইড থেকে কম বিষাক্ত। নিম্নতর সদস্যগুলি তরল ও জলে দ্রাব্য। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে অ্যালকাইল সায়ানাইডের জলে দ্রাব্যতা কমে যায়। এই শ্রেণীর সদস্যরা কোহল ও ইথারে দ্রাব্য।

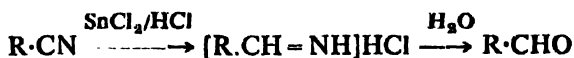
বিক্রিয়া : (1) অ্যালকাইল সায়ানাইডকে অ্যাসিড বা ক্ষার দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে সায়ানাইড মূলকটি কার্বক্সিল মূলকে পরিণত হয়। অবশ্য কার্বক্সিল যৌগে পরিণত হবার আগে মধ্যবর্তী যৌগ অ্যামাইড উৎপন্ন হয়।

$$RCN \xrightarrow{H_2O} R{\cdot}CONH_2 \xrightarrow{H_2O} R{\cdot}COOH + NH_3$$

$$CH_3{\cdot}CN + 2H_2O + HCl \rightarrow CH_3COOH + NH_4Cl$$

$$CH_3{\cdot}CN + H_2O + NaOH \rightarrow CH_3{\cdot}COONa + NH_3$$

(2) নিকেল প্রভাবকের উপস্থিতিতে অ্যালকাইল সায়ানাইডকে হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারিত করলে প্রাথমিক অ্যামিন পাওয়া যায়। Na/C_2H_5OH দিয়ে উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দিয়েও বিজারিত করা যায়।

$$R{\cdot}CN + 2H_2 \rightarrow R{\cdot}CH_2{\cdot}NH_2$$

(3) টিনের (*II*) ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ মিশ্রণের সঙ্গে অ্যালকাইল সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটিকে স্টিফেন বিক্রিয়া (Stephen's reaction) বলে।

$$R{\cdot}CN \xrightarrow{SnCl_2/HCl} [R.CH = NH]HCl \xrightarrow{H_2O} R{\cdot}CHO$$

(4) অ্যালকাইল সায়ানাইডের সঙ্গে কোহল ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণকে একত্রে উত্তপ্ত (রিফ্লাক্স) করলে এস্টার উৎপন্ন হয়।

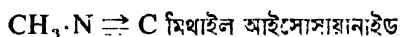
$$R{\cdot}CN + R'OH + H_2O \rightarrow R{\cdot}COOR' + NH_3$$

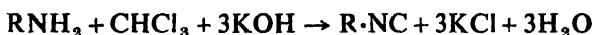
ব্যবহার ঃ কার্বক্সিল অ্যাসিড, এস্টার, অ্যামিন, অ্যালডিহাইড, নাইট্রাইল সংশ্লেষণে অ্যালকাইল সায়ানাইড ব্যবহৃত হয়।

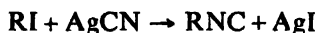
অ্যালকাইল আইসোসায়ানাইড $RN \rightleftarrows C$

অ্যালকাইল আইসোসায়ানাইডকে আইসোনাইট্রাইল বা কার্বিল্যামিন (Carbyl-amine) বলে।

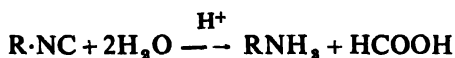
নামকরণ ঃ যে অ্যালকাইল মূলক আছে সেই অ্যালকাইল মূলকের নামের শেষে আইসোসায়ানাইড যোগ করে সাধারণত এই শ্রেণী সদস্যদের নামকরণ করা হয়। যেমন,

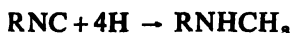
$CH_3 \cdot N \rightleftarrows C$ মিথাইল আইসোসায়ানাইড

প্রস্তুতি ঃ (1) প্রাথমিক অ্যামিনকে ক্লোরোফর্ম ও কস্টিক পটাশের কোহল দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করে আইসোসায়ানাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$RNH_2 + CHCl_3 + 3KOH \rightarrow R \cdot NC + 3KCl + 3H_2O$$

(2) সিলভার সায়ানাইডের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডকে উত্তপ্ত করে অ্যালকাইল আইসোসায়ানাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$RI + AgCN \rightarrow RNC + AgI$$

ধর্ম ঃ আইসোসায়ানাইডগুলি অত্যন্ত বিশ্রী গন্ধযুক্ত বিষাক্ত ও প্রশম তরল। জলে প্রায় অদ্রাব্য।

বিক্রিয়া ঃ (1) আইসোসায়ানাইডগুলি লঘু অ্যাসিড দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ফরমিক অ্যাসিড ও প্রাথমিক অ্যামিন উৎপন্ন করে। আইসোসায়ানাইডগুলি ক্ষার দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না।

$$R \cdot NC + 2H_2O \xrightarrow{H^+} RNH_2 + HCOOH$$

(2) আইসোসায়ানাইডকে বিজারিত করলে দ্বিতীয়ক অ্যামিন উৎপন্ন হয়।

$$RNC + 4H \rightarrow RNHCH_3$$

(3) আইসোসায়ানাইড সাধারণ তাপমাত্রায় ব্রোমিনের সঙ্গে এবং 100°C-এ সালফারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যুতযৌগ উৎপন্ন করে।

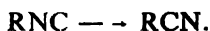
$$R \cdot NC + Br_2 \rightarrow RNCBr_2$$

$$R \cdot NC + S \rightarrow RNCS$$

আইসোসায়ানাইড মারকিউরিক অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আইসোসায়ানেট (RNCO) উৎপন্ন করে।

$$RNC + HgO \rightarrow RNCO + Hg$$

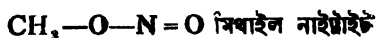
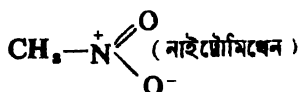
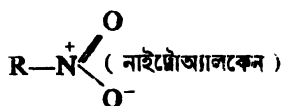
(4) অ্যালকাইল আইসোসায়ানাইডকে অনেকক্ষণ উত্তপ্ত করলে পুনর্বিন্যাসিত (Rearrangement) হয়ে অ্যালকাইল সায়ানাইড উৎপন্ন করে।

$$RNC \longrightarrow RCN.$$

নাইট্রোপ্যারাফিন বা নাইট্রোঅ্যালকেন সমূহ

(Nitroparaffins or Nitroalkanes) $R{\cdot}NO_2$

প্যারাফিন বা অ্যালকেনের নাইট্রো (NO_2) জাতককে নাইট্রোপ্যারাফিন বা নাইট্রোঅ্যালকেন বলে। এই শ্রেণীর সদস্যরা অ্যালকাইল নাইট্রাইট (নাইট্রাস অ্যাসিডের এস্টার) যৌগের সঙ্গে সমাবয়বী। নাইট্রোমূলকের নাইট্রোজেন সরাসরি অ্যালকাইল মূলকের সঙ্গে যুক্ত থাকলে তাকে নাইট্রোঅ্যালকেন বলে। আর নাইট্রো মূলকের অক্সিজেনের সঙ্গে অ্যালকাইল মূলক সরাসরি যুক্ত থাকলে তাকে অ্যালকাইল নাইট্রাইট বলে।

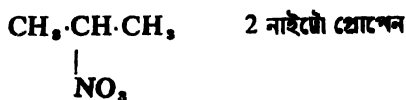
$$R-\overset{+}{N}\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow O^-\end{matrix}$$ (নাইট্রোঅ্যালকেন) $R-O-N=O$ অ্যালকাইল নাইট্রেট

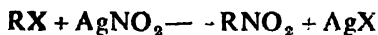
$$CH_3-\overset{+}{N}\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow O^-\end{matrix}$$ (নাইট্রোমিথেন) $CH_3-O-N=O$ মিথাইল নাইট্রাইট

নামকরণ: অ্যালকেনের নাইট্রো জাতক হিসেবে এই শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণ করা হয়। অ্যালকেন শৃঙ্খলে নাইট্রোমূলকের অবস্থান সবচেয়ে কম সংখ্যা দিয়ে সূচীত করা হয়।

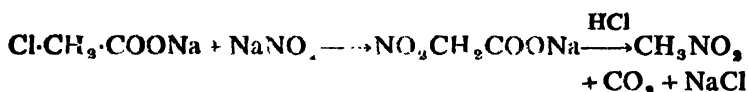
CH_3NO_2 নাইট্রো মিথেন

$CH_3{\cdot}CH_2NO_2$ নাইট্রো ইথেন

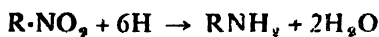
$CH_3{\cdot}CH_2CH_2NO_2$ 1 নাইট্রো প্রোপেন

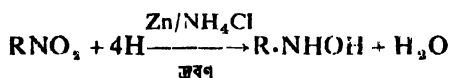
$CH_3{\cdot}\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{CH}}{\cdot}CH_3$ 2 নাইট্রো প্রোপেন

প্রস্তুতি ঃ (1) সিলভার নাইট্রাইটের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডের ইথানল দ্রবণ উত্তপ্ত করলে নাইট্রোঅ্যালকেন উৎপন্ন হয়। অল্প পরিমাণ অ্যালকাইল নাইট্রাইটও উৎপন্ন হয়, যাকে আংশিক পাতনে দূর করা হয়।

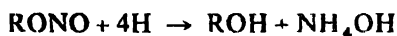
$$RX + AgNO_2 \longrightarrow RNO_2 + AgX$$

(2) α-হ্যালো কার্বক্সিল অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণের সঙ্গে সোডিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণের বিক্রিয়ায় নাইট্রো অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

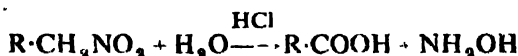
$$Cl{\cdot}CH_2{\cdot}COONa + NaNO_2 \longrightarrow NO_2CH_2COONa \xrightarrow{HCl} CH_3NO_2 + CO_2 + NaCl$$

ধর্ম ঃ নাইট্রোঅ্যালকেনগুলি সুখকর গন্ধযুক্ত বর্ণহীন প্রশম তরল। জলে অত্যন্ত কম দ্রাব্য। এই শ্রেণীর সদস্যদের প্রমাণ চাপে পাতিত করা যায়।

বিক্রিয়া ঃ (1) রেনি নিকেল বা জায়মান হাইড্রোজেন দিয়ে নাইট্রোঅ্যালকেন বিজারিত হয়ে প্রাথমিক অ্যামিনে পরিণত হয়।

$$R{\cdot}NO_2 + 6H \rightarrow RNH_2 + 2H_2O$$

প্রশম দ্রবণে নাইট্রোঅ্যালকেনকে বিজারিত করলে N অ্যালকাইল হাইড্রক্সিল্যামিনে পরিণত হয়। (N অ্যালকাইল মানে যে অ্যালকাইল মূলক নাইট্রোজেনে সংযুক্ত)।

$$RNO_2 + 4H \xrightarrow[\text{দ্রবণ}]{Zn/NH_4Cl} R{\cdot}NHOH + H_2O$$

কিন্তু অ্যালকাইল নাইট্রোইটকে বিজারিত করলে কোহল পাওয়া যায় (তফাত)।

$$RONO + 4H \rightarrow ROH + NH_4OH$$

(2) প্রাথমিক নাইট্রোঅ্যালকেনকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে কার্বক্সিল অ্যাসিড ও হাইড্রক্সিল্যামিন উৎপন্ন হয়।

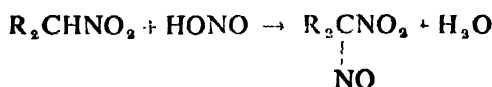
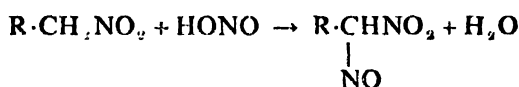
$$R{\cdot}CH_2NO_2 + H_2O \xrightarrow{HCl} R{\cdot}COOH + NH_2OH$$

দ্বিতীয়ক নাইট্রোঅ্যালকেনকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে কিটোন ও নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$2R_2CHNO_2 \xrightarrow{HCl} 2R_2C{=}O + N_2O + H_2O$$

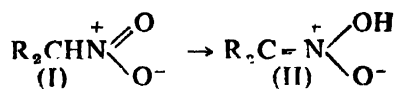
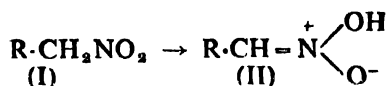
তৃতীয়ক নাইট্রোঅ্যালকেনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে কিছু হয় না।

(3) α হাইড্রোজেন বিশিষ্ট প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক নাইট্রোঅ্যালকেন নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রোসোযোগ উৎপন্ন করে। তৃতীয়ক নাইট্রোঅ্যালকেন নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

$$R{\cdot}CH_2NO_2 + HONO \rightarrow R{\cdot}\underset{\displaystyle NO}{\underset{|}{C}}HNO_2 + H_2O$$

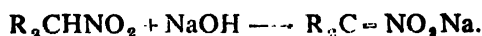
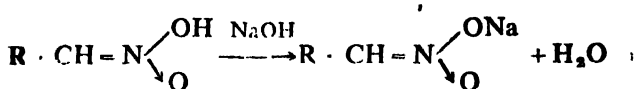
$$R_2CHNO_2 + HONO \rightarrow R_2\underset{\displaystyle NO}{\underset{|}{C}}NO_2 + H_2O$$

(4) প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক নাইট্রোঅ্যালকেনগুলিতে α হাইড্রোজেন পরমাণু থাকায় এদের দুটি টটোমেরিক গঠন হয়।

$$\underset{(I)}{R{\cdot}CH_2NO_2} \rightarrow \underset{(II)}{R{\cdot}CH=\overset{+}{N}}\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown O^- \end{matrix}$$

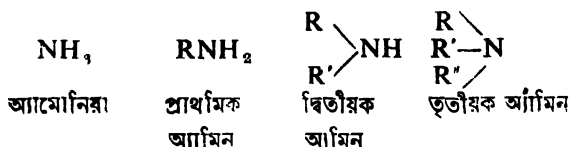
$$\underset{(I)}{R_2CH\overset{+}{N}}\begin{matrix} \diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown O^- \end{matrix} \rightarrow \underset{(II)}{R_2C=\overset{+}{N}}\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown O^- \end{matrix}$$

I নং গঠনকে নাইট্রো-রূপ বা ছদ্মবেশী অ্যাসিড (Pseudo acid) রূপ এবং II নং গঠনকে অ্যাসি রূপ (aci form) বা নাইট্রোনিক (Nitronic) অ্যাসিড রূপ বলে। তৃতীয়ক নাইট্রো অ্যালকেনের অ্যাসি রূপ নেই বা এরা টটোমেরিক গঠন দেয় না

প্রাথমিক এবং দ্বিতীয়ক নাইট্রো অ্যালকেন যোগের এই নাইট্রোনিক অ্যাসিড রূপটি কস্টিক সোডা দ্রবণে সোডিয়াম লবণ উৎপন্ন করে।

$$R \cdot CH=N\begin{matrix} \diagup OH \\ \searrow O \end{matrix} \xrightarrow{NaOH} R \cdot CH=N\begin{matrix} \diagup ONa \\ \searrow O \end{matrix} + H_2O$$

$$R_2CHNO_2 + NaOH \longrightarrow R_2C=NO_2Na.$$

অ্যামিন সমূহ (Amines)

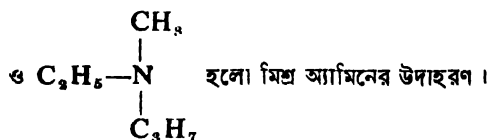
অ্যামোনিয়ার এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু সমসংখ্যক অ্যালকাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে যে শ্রেণীর যোগ উৎপন্ন করে তাদের অ্যামিন বলে। এক, দুই এবং তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু যখন সমসংখ্যক অ্যালকাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে যথাক্রমে প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক এবং তৃতীয়ক অ্যামিন উৎপন্ন করে।

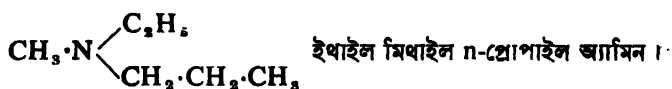
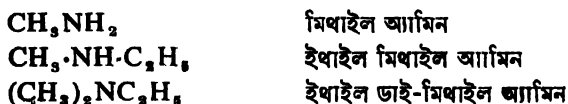
NH_3	RNH_2	$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\rangle NH$	$\begin{matrix}R\\R'-N\\R''\end{matrix}$
অ্যামোনিয়া	প্রাথমিক অ্যামিন	দ্বিতীয়ক অ্যামিন	তৃতীয়ক অ্যামিন

প্রাথমিক অ্যামিনে অ্যামাইনো ($-NH_2$) মূলক, দ্বিতীয়ক অ্যামিনে ইমিনো ($>NH$) মূলক এবং তৃতীয়ক অ্যামিনে তৃতীয়ক নাইট্রোজেন ($\equiv N$) মূলক বর্তমান।

এছাড়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের টেট্রাঅ্যালকাইল [যেখানে অ্যামোনিয়াম মূলকের $(NH_4)^+$ চারিটি হাইড্রোজেন চারিটি অ্যালকাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত] জাতককে চতুর্থক অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড R_4NOH (Quaternary ammonium hydroxide) বলে।

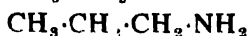
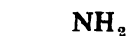
যে অ্যামিনের সকল অ্যালকাইলমূলক অভিন্ন অর্থাৎ একই প্রকার সেই অ্যামিনকে সরল (simple) অ্যামিন এবং যে অ্যামিনের বিভিন্ন প্রকার অ্যালকাইল মূলক থাকে তাকে মিশ্র (mixed) অ্যামিন বলে।

$(CH_3)_2NH$ ও $(CH_3)_3N$ সরল অ্যামিনের উদাহরণ এবং $CH_3 \cdot NHC_2H_5$

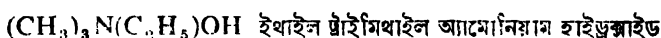
ও $C_2H_5-\underset{\underset{C_3H_7}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{N}}$ হলো মিশ্র অ্যামিনের উদাহরণ।

নামকরণ : যে যে অ্যালকাইল মূলক অ্যামিনে বর্তমান তাদের নাম ইংরাজী বর্ণানুক্রমিকভাবে বলে শেষে অ্যামিন যোগ করে এই শ্রেণীর সকল সদস্যদের নামকরণ করা হয়।

CH_3NH_2	মিথাইল অ্যামিন
$CH_3 \cdot NH \cdot C_2H_5$	ইথাইল মিথাইল অ্যামিন
$(CH_3)_2NC_2H_5$	ইথাইল ডাই-মিথাইল অ্যামিন
$CH_3 \cdot N\begin{matrix}\diagup C_2H_5\\ \diagdown CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3\end{matrix}$	ইথাইল মিথাইল n-প্রোপাইল অ্যামিন।
$(C_2H_5)_3N$	ট্রাই-ইথাইল অ্যামিন

I.U.P.A.C. পদ্ধতিতে প্রাথমিক অ্যামিনের নামকরণে অ্যামিনগুলিকে অ্যালকেনের অ্যামাইনো জাতক ধরা হয় এবং অ্যামিনো মূলক কার্বন শৃংখলের যে কার্বনে সংযুক্ত তার অবস্থান সূচীত করার জন্য সর্বনিম্ন সংখ্যা ব্যবহার করা হয়।

$CH_3 \cdot NH_2$ অ্যামাইনো মিথেন

$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot NH_2$ 1 অ্যামাইনো প্রোপেন

$CH_3 \cdot CH(NH_2) \cdot CH_3$ 2 অ্যামাইনো প্রোপেন

চতুর্থক অ্যামিনের নামকরণে অ্যালকাইল মূলকগুলি ইংরাজী বর্ণানুক্রমিকভাবে বলে শেষে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বলা হয়।

$(CH_3)_4NOH$ টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড

$(CH_3)_3N(C_2H_5)OH$ ইথাইল ট্রাইমিথাইল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড

সমাবয়বতা : একই আণবিক সংকেত বিশিষ্ট অ্যামিনে নানা প্রকার অ্যামিন হতে পারে। যেমন (1) অ্যামিনের অ্যালকাইল অংশের কার্বন শৃংখলের পার্থক্যের দরুন বিভিন্ন প্রকার সমাবয়বী অ্যামিন হতে পারে।

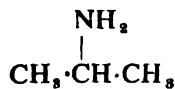
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2NH_2$
n-বিউটাইল অ্যামিন

$(CH_3)_2 > CH \cdot CH_2 \cdot NH_2$
আইসোবিউটাইল অ্যামিন

(2) কার্বন শৃংখলে প্রাথমিক এবং দ্বিতীয়ক অ্যামাইনো মূলকের অবস্থান পরিবর্তনের জন্য সমাবয়বী অ্যামিন হতে পারে।

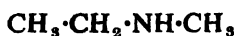
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2NH_2$
1 অ্যামাইনো প্রোপেন

$CH_3 \cdot CH(NH_2) \cdot CH_3$
2 অ্যামাইনো প্রোপেন

$CH_3 \cdot CH_2 \cdot NH \cdot CH_2 \cdot CH_3$
ডাই-ইথাইল অ্যামিন

$CH_3 \cdot NH \cdot CH_2 . CH_2 \cdot CH_3$
মিথাইল n-প্রোপাইল অ্যামিন

(3) একই আণবিক সংকেতে প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক এবং তৃতীয়ক অ্যামিনের হতে পারে।

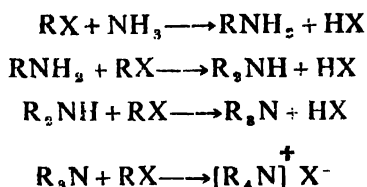
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2NH_2$
n-প্রোপাইল অ্যামিন

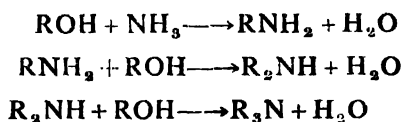
$CH_3 \cdot CH_2 \cdot NH \cdot CH_3$
ইথাইল মিথাইল আমিন

$(CH_3)_3N$
ট্রাইমিথাইল অ্যামিন

প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ : নানা পদ্ধতিতে অ্যামিনগুলি প্রস্তুত করা যায়।

1. হফম্যানের পদ্ধতি (Hofmann's method) : অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার কোহল দ্রবণকে সীল টিউবে 100°C-এ উত্তপ্ত করলে

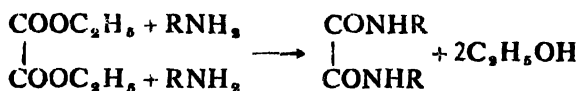
তিন প্রকার অ্যামিনের মিশ্রণ পাওয়া যায়। এছাড়া কিছু পরিমাণ চতুর্থক অ্যামিনের লবণও উৎপন্ন হয়।

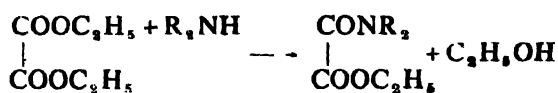
$$RX + NH_3 \longrightarrow RNH_2 + HX$$
$$RNH_2 + RX \longrightarrow R_2NH + HX$$
$$R_2NH + RX \longrightarrow R_3N + HX$$
$$R_3N + RX \longrightarrow [R_4\overset{+}{N}]X^-$$

2. কপার ক্রোমাইট বা অ্যালুমিনা প্রভাবকের উপস্থিতিতে এবং অধিক চাপে কোহলকে অ্যামোনিয়ার সঙ্গে উত্তপ্ত করলে প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক অ্যামিন পাওয়া যায়।

$$ROH + NH_3 \longrightarrow RNH_2 + H_2O$$
$$RNH_2 + ROH \longrightarrow R_2NH + H_2O$$
$$R_2NH + ROH \longrightarrow R_3N + H_2O$$

অ্যামোনিয়া অধিক পরিমাণে ব্যবহারে প্রাথমিক অ্যামিনের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

অ্যামিনের পৃথকীকরণঃ (1) আংশিক পাতনের সাহায্যে আজকাল অ্যামিনগুলিকে এদের মিশ্রণ থেকে পৃথক করা হয়। এই পদ্ধতি শিল্পে ব্যবহৃত হয়। এই পদ্ধতিতে তিন প্রকার অ্যামিনের লবণ ও টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম লবণকে অধিক কস্টিক পটাশ দ্রবণ যোগে উত্তপ্ত করা হয়। এতে টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম লবণ দ্রবণে অপরিবর্তিত অবস্থায় থাকে কিন্তু অন্যান্য অ্যামিনের লবণ থেকে অ্যামিন মুক্ত হয়ে পাতিত হয়ে চলে আসে। পাতিত বস্তু থেকে এই তিন প্রকার অ্যামিনকে আংশিক পাতন করে বা অন্য প্রক্রিয়ায় পৃথক করা হয়।

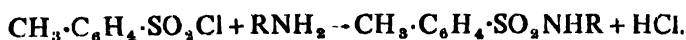
2. **হফম্যানের পদ্ধতিঃ** তিন প্রকার অ্যামিন মিশ্রণকে ডাই-ইথাইল অক্সালেটের সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়। এতে প্রাথমিক অ্যামিন ডাই-ইথাইল অক্সালেটের সঙ্গে বিক্রিয়া করে N : N' ডাই-অ্যালকাইল অকজামাইড (কঠিন) ও ইথানল উৎপন্ন করে।

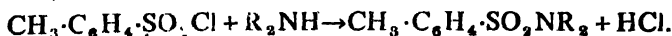
$$\begin{array}{l} COOC_2H_5 + RNH_2 \\ | \\ COOC_2H_5 + RNH_2 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CONHR \\ | \\ CONHR \end{array} + 2C_2H_5OH$$

দ্বিতীয়ক অ্যামিন ও ডাই-ইথাইল অক্জালেটের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তেলের মত তরল N : N ডাই-অ্যালকাইল অকজামেট উৎপন্ন করে। দ্বিতীয় এস্টার মূলকটি দ্বিতীয়ক অ্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

$$\begin{array}{l} COOC_2H_5 + R_2NH \\ | \\ COOC_2H_5 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CONR_2 \\ | \\ COOC_2H_5 \end{array} + C_2H_5OH$$

N : N ডাই-অ্যালকাইল অকজামেট

তৃতীয়ক অ্যামিন ডাই-ইথাইল অকজালেটের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। এখন মিশ্রণটিকে পাতিত করলে তৃতীয়ক অ্যামিন প্রথম পাতিত হয়ে আসবে এবং পরে অকজামেট পাতিত হয়ে আসবে। N : N′ ডাই-অ্যালকাইল অকজামাইড পাত্রে পড়ে থাকবে। N : N′ ডাই-অ্যালকাইল অকজামাইড এবং N : N ডাই-অ্যালকাইল অকজামেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে ক্ষারকীয় করলে যথাক্রমে প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিন পাওয়া যায়।

3. **হিনস্‌বার্গ পদ্ধতি (Hinsberg's Method):** এই পদ্ধতিতে তিনটি অ্যামিন মিশ্রণে p-টলুইন সালফোনাইল ক্লোরাইড (p-টসাইল ক্লোরাইড) যোগ করা হয়। p-টসাইল ক্লোরাইড প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে N অ্যালকাইল p-টলুইন সালফোনামাইড ও N : N ডাই-অ্যালকাইল p-টলুইন সালফোনামাইড উৎপন্ন করে। তৃতীয়ক অ্যামিন অবিকৃত থাকে। এই মিশ্রণে ক্ষার যোগ করে ক্ষারকৃত করা হয়। N অ্যালকাইল p-টলুইন সালফোনামাইড ক্ষার দ্রবণে দ্রাব্য, কিন্তু N : N ডাই-অ্যালকাইল p-টলুইন সালফোনামাইড

$$CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot SO_2Cl + RNH_2 \rightarrow CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot SO_2NHR + HCl.$$

p-টলুইন সালফোনাইল ক্লোরাইড N অ্যালকাইল p-টলুইন সালফোনামাইড

$$CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot SO_2Cl + R_2NH \rightarrow CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot SO_2NR_2 + HCl.$$

N : N ডাই অ্যালকাইল p-টলুইন সালফোনামাইড

অদ্রাব্য। এই মিশ্রণকে পাতিত করলে তৃতীয়ক অ্যামিন পাতিত হয়ে চলে আসবে এবং অবশিষ্ট তরলকে পরিস্রুত করলে প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিনের জাতক পৃথক হয়। পরে প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিনের সালফোনামাইডকে আলাদা আলাদা ভাবে সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে ক্ষারকীয় করলে প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিন পুনরায় পাওয়া যায়।

প্রাথমিক অ্যামিন প্রস্তুতি : (1) নাইট্রো অ্যালকেনকে বিজারিত করে প্রাথমিক অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়। বিজারক দ্রব্য হিসেবে ধাতু / অ্যাসিড বা হাইড্রোজেন ও নিকেল অনুঘটক ব্যবহার করা যায়।

$$RNO_2 + 6H \longrightarrow RNH_2 + 2H_2O$$

2. সায়ানাইড, অক্সিম এবং অ্যামাইডকে বিজারিত করে প্রতিক্ষেত্রে প্রাথমিক অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়। অনুঘটকীয়ভাবে বা সোডিয়াম / কোহল ব্যবহার করে বিজারণ সম্পন্ন করা যায়।

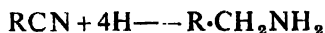
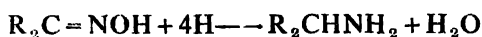
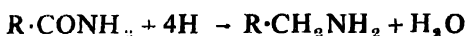
$$RCN + 4H \longrightarrow R{\cdot}CH_2NH_2$$

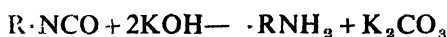
$$R{\cdot}CH = NOH + 4H \longrightarrow R{\cdot}CH_2{\cdot}NH_2 + H_2O$$

অ্যালডক্সিম

$$R_2C = NOH + 4H \longrightarrow R_2CHNH_2 + H_2O$$

কিটোঅক্সিম

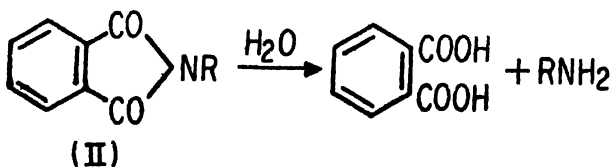
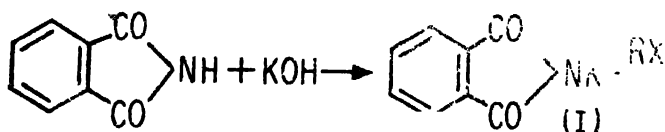
$$R{\cdot}CONH_2 + 4H \rightarrow R{\cdot}CH_2NH_2 + H_2O$$

3. ফুটন্ত ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে আইসোসায়ানেটকে আদ্র বিশ্লেষিত করলে প্রাথমিক অ্যামিন পাওয়া যায়।

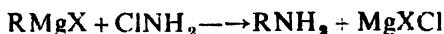
$$R{\cdot}NCO + 2KOH \longrightarrow RNH_2 + K_2CO_3$$

4. **হফম্যান বিক্রিয়া:** কোন অ্যামাইডকে ব্রোমিন অথবা ক্লোরিন এবং ক্ষার দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যামাইডটি প্রাথমিক অ্যামিনে পরিবর্তিত হয় এবং উৎপন্ন অ্যামিনে অ্যামাইড অপেক্ষা একটি কার্বন পরমাণু কম থাকে। এই পদ্ধতিতে দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক অ্যামিন মুক্ত প্রাথমিক অ্যামিন পাওয়া যায়।

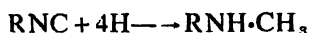
$$R{\cdot}CONH_2 + Br_2 + 4KOH \rightarrow R{\cdot}NH_2 + 2\ KBr + K_2CO_3 + H_2O$$

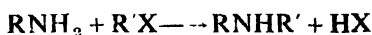
5. **গ্যাব্রিয়েল পদ্ধতি:** কস্টিক পটাশের ইথানল দ্রবণের সঙ্গে থ্যালিমাইডের বিক্রিয়ায় পটাশিও থ্যালিমাইড (I) উৎপন্ন হয়। পটাশিও থ্যালিমাইডের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় N-অ্যালকাইল থ্যালিমাইড (II) পাওয়া যায়, যাকে অধিক চাপে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে বিশুদ্ধ প্রাথমিক অ্যামিন পাওয়া যায়।

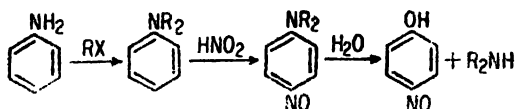
$$C_6H_4(CO)_2NH + KOH \longrightarrow C_6H_4(CO)_2NK \ \text{(I)} \xrightarrow{RX}$$

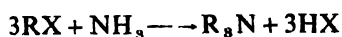
$$C_6H_4(CO)_2NR \ \text{(II)} \xrightarrow{H_2O} C_6H_4(COOH)_2 + RNH_2$$

6. গ্রিগনার্ড বিকারকের সঙ্গে ক্লোর‍্যামিনের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ প্রাথমিক অ্যামিন পাওয়া যায়।

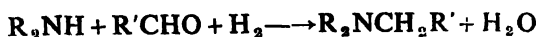
$$RMgX + ClNH_2 \longrightarrow RNH_2 + MgXCl$$

দ্বিতীয়ক অ্যামিন প্রস্তুতি : (1) আইসোসায়ানাইডকে বিজারিত করে দ্বিতীয়ক অ্যামিন পাওয়া যায়, যাতে সব সময় একটি মিথাইল মূলক থাকে। জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে বা অনুঘটকীয়ভাবে বিজারণ সম্পন্ন করা যায়।

$$RNC + 4H \longrightarrow RNH{\cdot}CH_3$$

2. প্রাথমিক অ্যামিনকে প্রয়োজন মত অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করে দ্বিতীয়ক অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়।

$$RNH_2 + R'X \longrightarrow RNHR' + HX$$

3. অ্যানিলিনকে অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ডাই-অ্যালকাইল অ্যানিলিন পাওয়া যায়, যাকে নাইট্রাস অ্যাসিডে যোগ করলে p-নাইট্রোসো N : N ডাই-অ্যালকাইল অ্যানিলিন পাওয়া যায়। এই p-নাইট্রোসো N : N ডাই-অ্যালকাইল অ্যানিলিনকে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে দ্বিতীয়ক অ্যামিন ও p-নাইট্রোসো ফিনল পাওয়া যায়।

$$C_6H_5NH_2 \xrightarrow{RX} C_6H_5NR_2 \xrightarrow{HNO_2} p\text{-}ON{\cdot}C_6H_4NR_2 \xrightarrow{H_2O} p\text{-}ON{\cdot}C_6H_4OH + R_2NH$$

তৃতীয়ক অ্যামিন প্রস্তুতি : (1) অ্যামোনিয়ার কোহল দ্রবণের সঙ্গে কিছু অতিরিক্ত অ্যালকাইল হ্যালাইডকে উত্তপ্ত করলে তৃতীয়ক অ্যামিন পাওয়া যায়।

$$3RX + NH_3 \longrightarrow R_3N + 3HX$$

(2) রেনি নিকেল অনুঘটক ও হাইড্রোজেনের উপস্থিতিতে অ্যালডিহাইডকে দ্বিতীয়ক অ্যামিনের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে তৃতীয়ক অ্যামিন পাওয়া যায়।

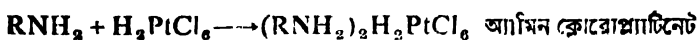
$$R_2NH + R'CHO + H_2 \longrightarrow R_2NCH_2R' + H_2O$$

অ্যামিনগুলির সাধারণ ধর্ম : অ্যামিনের নিম্নতর সদস্যগুলি গ্যাসীয় পদার্থ, জলে দ্রাব্য। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায় এবং দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। নিম্নতর সদস্যদের একটা আঁশটে গন্ধ আছে এবং এরা জ্বলনশীল পদার্থ।

বিক্রিয়া : (1) অ্যামিনগুলি অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে।

$RNH_2 + HCl \longrightarrow R{\cdot}NH_2{\cdot}HCl$ অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড

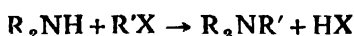
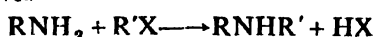
$R_2NH + H_2SO_4 \longrightarrow (R_2NH)_2H_2SO_4$ অ্যামিন সালফেট

$R_3N + HNO_2 \longrightarrow R_3NHNO_2$ অ্যামিন নাইট্রাইট

$RNH_2 + H_2PtCl_6 \longrightarrow (RNH_2)_2H_2PtCl_6$ অ্যামিন ক্লোরোপ্ল্যাটিনেট

অ্যামিনগুলি অ্যামোনিয়ার থেকে বেশি ক্ষারকীয় পদার্থ। অ্যামিনের নাইট্রোজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল প্রোটনের সঙ্গে যুক্ত হওয়ার জন্য যত বেশি পাওয়া যাবে ঐ অ্যামিনের ক্ষারকীয়তা তত বেশি হবে। অ্যালকাইল মূলকগুলি ইলেকট্রন বিকর্ষণ করে। ফলে অ্যামোনিয়ার একটি হাইড্রোজেন একটি অ্যালকাইল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে ঐ প্রাথমিক অ্যামিনের ক্ষারকীয়তা অ্যামোনিয়ার থেকে বেশি হবে। এই একই ভাবে ডাই-অ্যালকাইল অ্যামিন (দ্বিতীয়ক) প্রাথমিক অ্যামিনের থেকে বেশি ক্ষারকীয় হবে। কিন্তু ট্রাই-অ্যালকাইল অ্যামিনের (তৃতীয়ক) ক্ষারকীয়তা সবচেয়ে বেশি হওয়ার কথা, কিন্তু কার্যত এই তৃতীয়ক অ্যামিনের ক্ষারকীয়তা অনেক কম। এক্ষেত্রে স্টেরিক প্রভাবের (Steric effect) দরুন তৃতীয়ক অ্যামিনে প্রোটন যুক্ত হলে অনেক মূলকের ভীড়ের ফলে পীড়নের উৎপত্তি হয়। এর ফলে স্থায়িত্ব কমে যায় অর্থাৎ ক্ষারকীয়তা কম হয়।

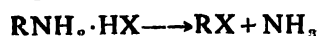
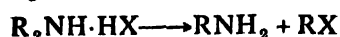
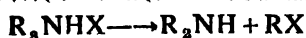
2. অ্যামিনগুলি অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় পরবর্তী অ্যামিন উৎপন্ন করে। যেমন প্রাথমিক অ্যামিন দ্বিতীয়ক অ্যামিন এবং দ্বিতীয়ক অ্যামিন তৃতীয়ক অ্যামিন উৎপন্ন করে।

$$RNH_2 + R'X \longrightarrow RNHR' + HX$$

$$R_2NH + R'X \rightarrow R_2NR' + HX$$

3. অ্যামিনের লবণগুলিকে উত্তপ্ত করলে বিপরীতমুখী বিক্রিয়ায় অগ্রবর্তী অ্যামিন উৎপন্ন করে। যেমন তৃতীয়ক অ্যামিনের লবণ থেকে দ্বিতীয়ক অ্যামিন এবং দ্বিতীয়ক অ্যামিনের লবণ থেকে প্রাথমিক অ্যামিন পাওয়া যায়। প্রাথমিক অ্যামিনের লবণকে উত্তপ্ত করলে অ্যালকাইল অ্যালাইড ও অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। মিশ্র তৃতীয়ক

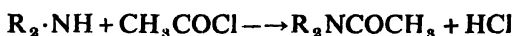
$$R_3NHX \longrightarrow R_2NH + RX$$

$$R_2NH{\cdot}HX \longrightarrow RNH_2 + RX$$

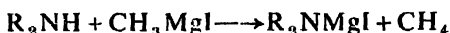
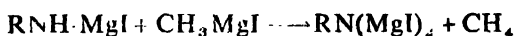
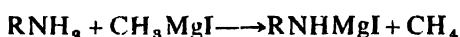
$$RNH_2{\cdot}HX \longrightarrow RX + NH_3$$

অ্যামিনের লবণকে উত্তপ্ত করলে ক্ষুদ্রতম অ্যালকাইল মূলক প্রথম অ্যালকাইল হ্যালাইড হিসেবে বিমুক্ত হবে।

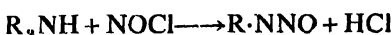
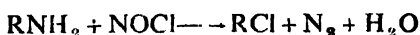
$$(C_2H_5)_2{\cdot}NCH_3{\cdot}HCl \longrightarrow (C_2H_5)_2NH + CH_3Cl$$

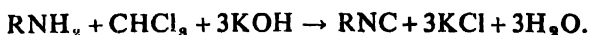
প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিনের বিক্রিয়াসমূহ : (1) প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিনগুলি অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড বা ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে N-অ্যালকাইল অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন করে।

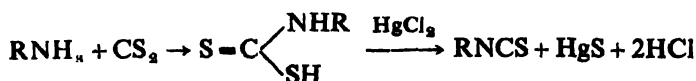
$$RNH_2 + (CH_3CO)_2O \longrightarrow R\cdot NH\cdot OC\cdot CH_3 + CH_3\cdot COOH$$
N-অ্যালকাইল অ্যাসিট্যামাইড

$$R_2\cdot NH + CH_3COCl \longrightarrow R_2NCOCH_3 + HCl$$
N : N ডাই-অ্যালকাইল অ্যাসিট্যামাইড

2. প্রাথমিক ও দ্বিতীয়ক অ্যামিনগুলি মিথাইল ম্যাগনেশিয়াম হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মিথেন উৎপন্ন করে।

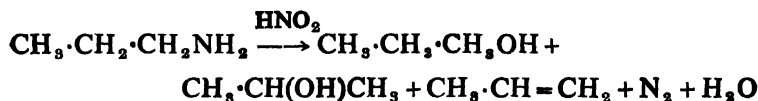
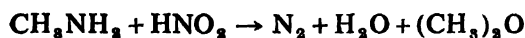
$$RNH_2 + CH_3MgI \longrightarrow RNHMgI + CH_4$$
$$RNH\cdot MgI + CH_3MgI \longrightarrow RN(MgI)_2 + CH_4$$
$$R_2NH + CH_3MgI \longrightarrow R_2NMgI + CH_4$$

3. প্রাথমিক অ্যামিন নাইট্রোসিল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ক্লোরাইড, নাইট্রোজেন ও জল উৎপন্ন করে। কিন্তু দ্বিতীয়ক অ্যামিন নাইট্রোসিল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় N নাইট্রোসো অ্যামিন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$RNH_2 + NOCl \longrightarrow RCl + N_2 + H_2O$$
$$R_2NH + NOCl \longrightarrow R\cdot NNO + HCl$$

কেবলমাত্র প্রাথমিক অ্যামিনের বিক্রিয়াসমূহ : (1) প্রাথমিক অ্যামিনকে ক্লোরোফর্ম ও কস্টিক পটাশ দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে বিশ্রী গন্ধযুক্ত আইসোসায়ানাইড বা কার্বিল্যামিন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া দিয়ে প্রাথমিক অ্যামিনকে সনাক্ত করা যায়।

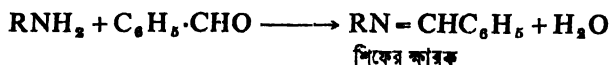
$$RNH_2 + CHCl_3 + 3KOH \rightarrow RNC + 3KCl + 3H_2O.$$

2 প্রাথমিক অ্যামিনকে কার্বন ডাই-সালফাইড দিয়ে উত্তপ্ত করলে ডাই-থায়ো-কার্বামিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, সেটি মারকিউরিক ক্লোরাইড দিয়ে বিয়োজিত হয়ে অ্যালকাইল আইসোথায়োসায়ানেট (RNCS) ও কালো রঙের মারকিউরিক সালফাইড পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়াটিকে হফম্যানের মাস্টার্ড অয়েল (Hofmann's mustard oil reaction) বিক্রিয়া বলে।

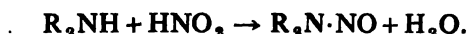
$$RNH_2 + CS_2 \rightarrow S{=}C\begin{cases} NHR \\ SH \end{cases} \xrightarrow{HgCl_2} RNCS + HgS + 2HCl$$

3. প্রাথমিক অ্যামিন নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ও কোহল এবং বিশেষ অ্যামিনের ক্ষেত্রে সমাবয়বী কোহল, অলিফিন উৎপন্ন হয়। মিথাইল অ্যামিনের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় মিথানল উৎপন্ন না হয়ে ডাই-মিথাইল ইথার ও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$CH_3NH_2 + HNO_2 \rightarrow N_2 + H_2O + (CH_3)_2O$$

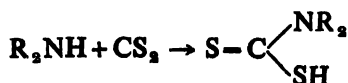
$$CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2NH_2 \xrightarrow{HNO_2} CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH +$$
$$CH_3 \cdot CH(OH)CH_3 + CH_3 \cdot CH = CH_2 + N_2 + H_2O$$

যে কোন অ্যালিফ্যাটিক প্রাথমিক অ্যামিনের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন গ্যাস অবশ্যই বার হবে।

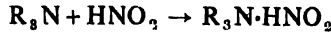
4. অ্যারোম্যাটিক অ্যালডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রাথমিক অ্যামিন শিফের ক্ষারক (Schiff's base) উৎপন্ন করে।

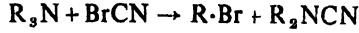
$$RNH_2 + C_6H_5 \cdot CHO \longrightarrow \underset{\text{শিফের ক্ষারক}}{RN = CHC_6H_5} + H_2O$$

কেবলমাত্র দ্বিতীয়ক অ্যামিনের বিক্রিয়াসমূহ: (1) দ্বিতীয়ক অ্যামিন নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় তেলের মত হলুদ রঙের তরল পদার্থ নাইট্রাসোঅ্যামিন উৎপন্ন করে।

$$R_2NH + HNO_2 \rightarrow R_2N \cdot NO + H_2O.$$

এই নাইট্রোসো অ্যামিনকে ফিনল ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে সবুজ রঙের পদার্থ উৎপন্ন হয়, যাকে কস্টিক পটাশ দ্রবণ যোগে ক্ষারীয় করলে দ্রবণের রঙ গাঢ় নীলে পরিবর্তিত হয়। এই বিক্রিয়াটিকে লিবারম্যান পরীক্ষা বলে, যার দ্বারা দ্বিতীয়ক অ্যামিন বা ফিনলকে সনাক্ত করা যায়।

2. কার্বন ডাই-সালফাইড সহযোগে দ্বিতীয়ক অ্যামিনকে উত্তপ্ত করলে ডাই-থায়োকার্বামিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, সেটি মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্বারা বিযোজিত হয় না, ফলে মারকিউরিক সালফাইড পাওয়া যায় না। (প্রাথমিক অ্যামিন থেকে পার্থক্য)

$$R_2NH + CS_2 \rightarrow S = C\begin{matrix} \diagup NR_2 \\ \diagdown SH \end{matrix}$$

কেবলমাত্র তৃতীয়ক অ্যামিনের বিক্রিয়াসমূহ: (1) নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় তৃতীয়ক অ্যামিন কেবলমাত্র নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে।

$$R_3N + HNO_2 \rightarrow R_3N \cdot HNO_2$$

2. সায়ানোজেন ব্রোমাইডের সঙ্গে তৃতীয়ক অ্যামিনের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ব্রোমাইড ও ডাই-অ্যালকাইল সায়ানামাইড উৎপন্ন করে।

$$R_3N + BrCN \rightarrow R \cdot Br + R_2NCN$$

ডাই-অ্যালকাইল সায়ানামাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে দ্বিতীয়ক অ্যামিন পাওয়া যায়।

$$R_2N\,CN \xrightarrow{H_2O} [R_2N \cdot COOH] \rightarrow R_2NH + CO_2$$

প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক অ্যামিনের মধ্যে পার্থক্য

প্রাথমিক অ্যামিন	দ্বিতীয়ক অ্যামিন	তৃতীয়ক অ্যামিন
1. **ক্ষারকীয় ধর্ম** এই শ্রেণীর অ্যামিনের জলীয় দ্রবণ লিটমাসে ক্ষারকীয় ধর্ম প্রকাশ করে।	প্রাথমিক অ্যামিনের থেকে এই শ্রেণীর অ্যামিন বেশি ক্ষারকীয়।	দ্বিতীয়ক অ্যামিনের থেকে এই শ্রেণীর অ্যামিন কম ক্ষারকীয়।
2. **নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া** বিক্রিয়ায় প্রচণ্ডভাবে নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।	হলুদ রঙ বিশিষ্ট তেলের মত তরল পদার্থনাইট্রোসো-অ্যামিন উৎপন্ন হয়। যাকে ফিনলের কেলাস ও ঘন H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে দ্রবণের বর্ণ সবুজ হবে। এই দ্রবণে NaOH এর জলীয় দ্রবণ যোগে ক্ষারীয় করলে মিশ্র দ্রবণের বর্ণ নীল হবে। একে লিবার-ম্যান পরীক্ষা (Lieverman test) বলে।	কেবলমাত্র নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে।
3. **অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া** কেলাসাকার অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন করে।	কেলাসাকার অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন হয়।	কোন বিক্রিয়া হয় না।

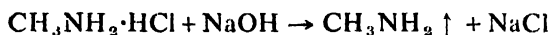
প্রাথমিক অ্যামিন	দ্বিতীয়ক অ্যামিন	তৃতীয়ক অ্যামিন
4. $CHCl_3$ / KOH সহযোগে উত্তপ্ত করলে ঃ (কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া)		
বিশ্রী গন্ধযুক্ত কার্বিল অ্যামিন বা আইসোসায়ানাইড উৎপন্ন হয়।	কোন বিক্রিয়া হয় না।	কোন বিক্রিয়া হয় না।
5. CS_2 দিয়ে উত্তপ্ত করে $HgCl_2$ যোগ করলে		
কালো রঙের HgS-এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।	কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না।	কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না।
6. অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া		
প্রাথমিক অ্যামিনের সঙ্গে উপযুক্ত হিসাবমত R'X-কে উত্তপ্ত করলে বিক্রিয়ায় দ্বিতীয়ক অ্যামিনের লবণ উৎপন্ন হয়। $RNH_2 + R'X \rightarrow RNHR' \cdot HX$	দ্বিতীয়ক অ্যামিনের সঙ্গে উপযুক্ত হিসাবমত R'X-কে উত্তপ্ত করলে বিক্রিয়ায় তৃতীয়ক অ্যামিনের লবণ উৎপন্ন হয়। $R_2NH + R'X \rightarrow R_2NR' \cdot HX$	সাধারণ তাপমাত্রায় তৃতীয়ক অ্যামিনের সঙ্গে R'X এর বিক্রিয়ায় চতুর্থক অ্যামিনের লবণ উৎপন্ন হয়। $R_3N + R'X \rightarrow R_3N^+R' \cdot X^-$
7. p-টলুইন সালফোনাইল ক্লোরাইড সঙ্গে বিক্রিয়া		
প্রাথমিক অ্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় N অ্যালকাইল p-টলুইন সালফোনামাইড উৎপন্ন হয়।	দ্বিতীয়ক অ্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় N·N ডাই-অ্যালকাইল p-টলুইন সালফোনামাইড উৎপন্ন হয়।	কোন বিক্রিয়া হয় না।

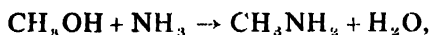
মিথাইল অ্যামিন (Methylamine) CH_3NH_2 ঃ প্রাথমিক অ্যামিনের প্রথম সদস্য। কাঠ এবং হাড়ের অন্তর্ধূম পাতনকালে মিথাইল অ্যামিন পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি ঃ যে কোন সাধারণ পদ্ধতি দিয়ে মিথাইল অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়। এক অণু পরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে দুই অণু পরিমাণ ফরম্যাল্ডিহাইড দ্রবণকে (ফরম্যালিন) উত্তপ্ত করলে মিথাইল অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড ও ফরমিক

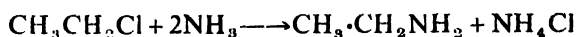
অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই দ্রবণকে কস্টিক সোডা দ্রবণে ফোটালে মিথাইল অ্যামিন পাওয়া যায়।

$$NH_4Cl + 2HCHO \rightarrow CH_3NH_2 \cdot HCl + HCOOH$$

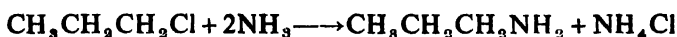
$$CH_3NH_2 \cdot HCl + NaOH \rightarrow CH_3NH_2 \uparrow + NaCl$$

এ ছাড়া উত্তপ্ত অবস্থায় মিথানল ও অ্যামোনিয়া মিশ্রণকে প্রভাবকের উপর দিয়ে প্রবাহিত করে প্রাপ্ত উৎপন্ন বস্তুকে আংশিক পাতন করলে মিথাইল অ্যামিন পাওয়া যায়

$$CH_3OH + NH_3 \rightarrow CH_3NH_2 + H_2O,$$

মিথাইল অ্যামিন বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ। অস্বাস্থ্যকর আঁশটে গন্ধ আছে। জলে অত্যন্ত দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারের ন্যায় আচরণ করে। মিথাইল অ্যামিন অ্যামোনিয়ার থেকে বেশি ক্ষারকীয় এবং অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে। স্ফুটনাঙ্ক $-7{\cdot}6°C$। প্রাথমিক অ্যামিনের সকল সাধারণ বিক্রিয়া মিথাইল অ্যামিন দেয়। মিথাইল অ্যামিন হিমায়ক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

ইথাইল অ্যামিন (অ্যামাইনো ইথেন) $CH_3CH_2NH_2$ **:** উচ্চ চাপে ইথাইল ক্লোরাইডকে অ্যামোনিয়ার কোহলীয় দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করে প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3CH_2Cl + 2NH_3 \longrightarrow CH_3 \cdot CH_2NH_2 + NH_4Cl$$

অ্যামোনিয়ার গন্ধযুক্ত বর্ণহীন, উদ্বায়ী, দাহ্য তরল। জলীয় দ্রবণ ক্ষারের ন্যায় আচরণ করে। স্ফুটনাঙ্ক $16{\cdot}6°C$। জলে, কোহলে ও ইথারে দ্রাব্য। পেট্রোলিয়াম ও রঞ্জন শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

n-প্রোপাইল অ্যামিন (1 অ্যামাইনো প্রোপেন) : n-প্রোপাইল ক্লোরাইডকে অ্যামোনিয়ার কোহলীয় দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করে n-প্রোপাইল অ্যামিন ($CH_3CH_2CH_2NH_2$) প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3CH_2CH_2Cl + 2NH_3 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2NH_2 + NH_4Cl$$

বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন, অত্যন্ত দাহ্য তরল। জল, কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়। স্ফুটনাঙ্ক $47{\cdot}8°C$। রসায়নাগারে প্রয়োজন হয়।

আইসোপ্রোপাইল অ্যামিন (2 অ্যামাইনো প্রোপেন) : অধিক চাপে অ্যাসিটোনের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় আইসোপ্রোপাইল অ্যামিন [$CH_3CH(NH_2)CH_3$] উৎপন্ন হয়।

$$CH_3COCH_3 + NH_3 \longrightarrow CH_3 \cdot CH(NH_2)CH_3 + H_2O$$

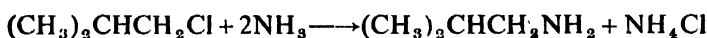
অ্যামিনের গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, অত্যন্ত দাহ্য তরল। জল, কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়। স্ফুটনাঙ্ক 32·4°C। দ্রাবক রূপে এবং রাবার শিল্প ব্যবহৃত হয়।

n-বিউটাইল অ্যামিন (1 অ্যামাইনো বিউটেন)ঃ বিউটানল বা বিউটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় n-বিউটাইল অ্যামিন ($CH_3CH_2CH_2CH_2NH_2$) উৎপন্ন হয়।

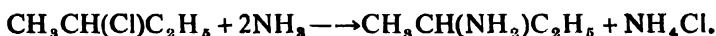
$$CH_3(CH_2)_3OH + NH_3 \rightarrow CH_3(CH_2)_3NH_2 \leftarrow CH_3(CH_2)_3Cl + NH_3$$

অ্যামিনের গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, উদ্বায়ী, দাহ্য তরল। জল, কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়। রাবার ও ওষুধ শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

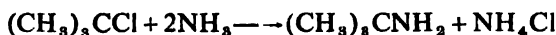
আইসোবিউটাইল অ্যামিন $(CH_3)_2CHCH_2NH_2$ **ঃ** আইসো-বিউটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$(CH_3)_2CHCH_2Cl + 2NH_3 \longrightarrow (CH_3)_2CHCH_2NH_2 + NH_4Cl$$

অ্যামিনের গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, দাহ্য তরল। জল, কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়। স্ফুটনাঙ্ক 66°—69°C।

দ্বিতীয়ক বিউটাইল অ্যামিন (2 অ্যামাইনো বিউটেন)ঃ দ্বিতীয়ক বিউটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় দ্বিতীয়ক বিউটাইল অ্যামিন $[CH_3CH(NH_2)C_2H_5]$ উৎপন্ন হয়।

$$CH_3CH(Cl)C_2H_5 + 2NH_3 \longrightarrow CH_3CH(NH_2)C_2H_5 + NH_4Cl.$$

বর্ণহীন, দাহ্য তরল। স্ফুটনাঙ্ক 63—68°C। ছত্রাক নাশক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

তৃতীয়ক বিউটাইল অ্যামিন $(CH_3)_3CNH_2$ **ঃ** তৃতীয়ক বিউটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$(CH_3)_3CCl + 2NH_3 \longrightarrow (CH_3)_3CNH_2 + NH_4Cl$$

বর্ণহীন দাহ্য তরল। জল, কোহল ও ইথারে দ্রাব্য। স্ফুটনাঙ্ক 44°—46°C। রাবার, রঞ্জক ও ওষুধ শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

(এই অ্যামিনগুলির রাসায়নিক বিক্রিয়া, সাধারণ বিক্রিয়া আলোচিত হয়েছে)।

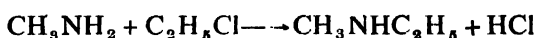
ডাই-মিথাইল অ্যামিন (Dimethyl amine) $(CH_3)_2NH$ **ঃ** দ্বিতীয়ক অ্যামিনের প্রথম সদস্য এবং যে কোন সাধারণ পদ্ধতি দিয়ে এটি প্রস্তুত

করা যায়। এক অণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে চার অণ পরিমাণ ফরম্যাল-ডিহাইড দ্রবণকে (ফরমালিন) উত্তপ্ত করলে ডাই-মিথাইল অ্যামিন পাওয়া যায়।

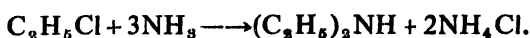
$$NH_4Cl + 4HCHO \rightarrow (CH_3)_2NH \cdot HCl + 2HCOOH$$

ডাই-মিথাইল অ্যামিন অ্যামোনিয়ার মত গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক 7°C। দ্বিতীয়ক অ্যামিনে সকল সাধারণ বিক্রিয়া ডাই-মিথাইল অ্যামিন দেয়। দ্বিতীয়ক অ্যামিনের আদর্শ নমুনা হলো ডাই-মিথাইল অ্যামিন। পশুর চামড়ার লোম অপসারণ করতে এবং রাবার শিল্পে এই অ্যামিনটি সাধারণত ব্যবহৃত হয়।

ইথাইল মিথাইল অ্যামিন $CH_3NHC_2H_5$: মিথাইল অ্যামিনের সঙ্গে ইথাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$CH_3NH_2 + C_2H_5Cl \longrightarrow CH_3NHC_2H_5 + HCl$$

বর্ণহীন দাহ্য তরল। জল ও কোহলে দ্রাব্য।

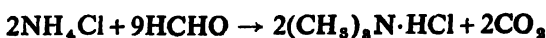
ডাই ইথাইল অ্যামিন $(C_2H_5)_2NH$: উচ্চচাপে ও তাপমাত্রায় ইথাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।

$$C_2H_5Cl + 3NH_3 \longrightarrow (C_2H_5)_2NH + 2NH_4Cl.$$

অ্যামোনিয়ার ন্যায় গন্ধবিশিষ্ট বর্ণহীন, দাহ্য তরল। জল ও কোহলে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়। স্ফুটনাঙ্ক 55·5°C। দ্রাবকরূপে এবং রাবার ও বস্ত্র শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

(এই অ্যামিনগুলির বিক্রিয়াগুলি সাধারণ বিক্রিয়ায় আলোচিত হয়েছে)।

ট্রাই-মিথাইল অ্যামিন (Trimethyl amine) $(CH_3)_3N$: তৃতীয়ক অ্যামিনের প্রথম সদস্য এবং আদর্শ নমুনা। বিট (Beet) চিনি প্রস্তুত কালে প্রাপ্ত চিটে গুড়ে এবং মাছের মল ইত্যাদিতে এই অ্যামিন পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : তৃতীয়ক অ্যামিনের যে কোন সাধারণ পদ্ধতি দিয়ে এই ট্রাই-মিথাইল অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়। এছাড়া এক অণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে নয় (9) অণ পরিমাণ প্যারা-ফরম্যালডিহাইডকে উত্তপ্ত করে এই ট্রাই-মিথাইল অ্যামিন পাওয়া যায়।

$$2NH_4Cl + 9HCHO \rightarrow 2(CH_3)_3N \cdot HCl + 2CO_2$$

বিট চিনি থেকে প্রাপ্ত চিটে গুড়কে অন্তর্ধূম পাতন করলে এই অ্যামিন পাওয়া যায়।

ট্রাইমিথাইল অ্যামিন আঁশটে গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। স্ফুটনাঙ্ক 3·5°C। অ্যামিনগুলির মধ্যে সবচেয়ে ক্ষারকীয়। ট্রাই-মিথাইল অ্যামিনকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে মিথাইল ক্লোরাইড পাওয়া যায়। (অধিক চাপে)

$$(CH_3)_3N + 4HCl \rightarrow 3CH_3Cl + NH_4Cl$$

ট্রাইমিথাইল অ্যামিন মিথাইল ক্লোরাইডের উৎস হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

চতুর্থক অ্যামিন লবণ (Quarternary Amine Salts)

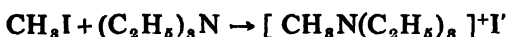
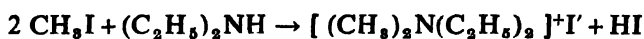
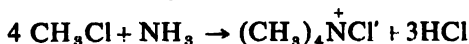
চতুর্থক অ্যামিন লবণ বা হাইড্রক্সাইড অ্যামোনিয়াম যৌগের মত। এই সকল যৌগে নাইট্রোজেন পরমাণুতে চারটি সমযোজক (covalent bond) এবং একটি তড়িৎযোজক (Electrovalent bond) আছে। এই সকল যৌগগুলি জলে দ্রাব্য এবং জলে আয়নে বিভক্ত হয়ে থাকে।

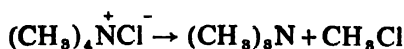
প্রস্তুতি : অ্যামোনিয়ার সঙ্গে অধিক পরিমাণে অ্যালকাইল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় চতুর্থক অ্যামিন লবণ বা টেট্রা-অ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম হ্যালাইড প্রস্তুত সহজে করা যায়। এছাড়া অ্যামোনিয়ার পরিবর্তে প্রাথমিক বা দ্বিতীয়ক বা তৃতীয়ক অ্যামিনের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় ও টেট্রা-অ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম হ্যালাইড প্রস্তুত করা যায়। অ্যামোনিয়া বা প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক বা তৃতীয়ক অ্যামিন কোন্‌টি নেওয়া হবে তা চতুর্থক অ্যামিনের গঠনের উপর নির্ভর করে।

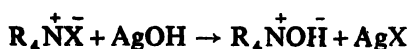
$$4\,CH_3Cl + NH_3 \rightarrow (CH_3)_4\overset{+}{N}Cl' + 3HCl$$

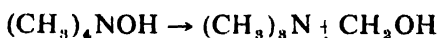
$$3\,CH_3Cl + C_2H_5NH_2 \rightarrow [\,(CH_3)_3NC_2H_5\,]^+Cl^- + 2HCl$$

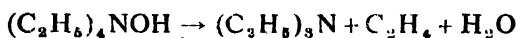
$$2\,CH_3I + (C_2H_5)_2NH \rightarrow [\,(CH_3)_2N(C_2H_5)_2\,]^+I' + HI$$

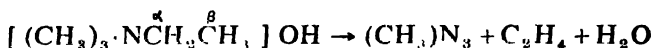
$$CH_3I + (C_2H_5)_3N \rightarrow [\,CH_3N(C_2H_5)_3\,]^+I'$$

রাসায়নিক বিক্রিয়া : (1) টেট্রা-অ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম হ্যালাইডকে চাপহীন অবস্থায় পাতন করলে তৃতীয়ক অ্যামিন এবং অ্যালকাইল হ্যালাইড পাওয়া যায়।

$$(CH_3)_4\overset{+}{N}\overset{-}{Cl} \rightarrow (CH_3)_3N + CH_3Cl$$

2. টেট্রা-অ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম হ্যালাইডকে সিলভার হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় টেট্রা-অ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$R_4\overset{+}{N}\overset{-}{X} + AgOH \rightarrow R_4\overset{+}{N}O\overset{-}{H} + AgX$$

3. টেট্রা-মিথাইল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে উত্তপ্ত করলে ট্রাই-মিথাইল অ্যামিন ও মিথানল পাওয়া যায়।

$$(CH_3)_4NOH \rightarrow (CH_3)_3N + CH_3OH$$

টেট্রা-মিথাইল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ব্যতীত যে কোন টেট্রা-অ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে উত্তপ্ত করলে তৃতীয়ক অ্যামিন অলিফিন ও জল উৎপন্ন হয়।

$$(C_2H_5)_4NOH \rightarrow (C_2H_5)_3N + C_2H_4 + H_2O$$

চতুর্থক অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যাতে বিভিন্ন অ্যালকাইল মূলক আছে তাদের ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়ায় নিম্নলিখিত ফল লক্ষ্য করা যায়। মিথাইল মূলক সব সময় নাইট্রোজেনের সঙ্গে থাকবে এবং ইথাইল মূলক থাকলে ইথিলিন পাওয়া যাবে। হাইড্রক্সিল মূলকের সঙ্গে অ্যালকাইল মূলকের β-কার্বনে অবস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হয়ে জল অপসারিত হয়।

$$[(CH_3)_3 \cdot N\overset{\alpha}{C}H_2\overset{\beta}{C}H_3]OH \rightarrow (CH_3)N_3 + C_2H_4 + H_2O$$

টেট্রা-অ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে যদি β হাইড্রোজেন না থাকে, অলিফিন উৎপন্ন হবে না। হফম্যানের একজস্টিভ মেথিলেশান বিক্রিয়া এই বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল।

অ্যামাইনো অ্যাসিড সমূহ (Amino acids)

কার্বক্সিল অ্যাসিডের কার্বন শৃংখলের হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যামাইনো মূলক দিয়ে পরিবর্তন করে যে যৌগ পাওয়া যায় তাকে অ্যামাইনো অ্যাসিড বলে। কার্বক্সিল মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে অ্যামাইনো মূলক কার্বন শৃংখলের α, β বা γ স্থানে থাকতে পারে। অ্যামাইনো মূলকের অবস্থানের দরুন এই শ্রেণীর সদস্যদের α, β বা γ অ্যামাইনো অ্যাসিড বলে।

প্রোটিন (Protein)-কে অ্যাসিড বা উৎসেচক (Enzyme) দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে α-অ্যামাইনো অ্যাসিড পাওয়া যায়। আর জীব ও উদ্ভিদের দেহের অন্যতম প্রধান উপাদান হলো এই প্রোটিন। আর অ্যামাইনো অ্যাসিডের উপর প্রোটিনের আণবিক গঠন নির্ভর করে। ফলে অ্যামাইনো অ্যাসিডের রসায়ন সম্বন্ধে জ্ঞান অত্যন্ত প্রয়োজন। প্রোটিনের থেকে আজ পর্যন্ত প্রায় 25টি α-অ্যামাইনো অ্যাসিড পাওয়া গেছে। যার মধ্যে দশটি জীবদেহের জন্য একান্ত প্রয়োজন। যাদের অভাবে শরীর স্বাভাবিকভাবে বৃদ্ধি হয় না এবং এদের অভাবে মৃত্যু পর্যন্ত

হতে পারে। এই দশটি অ্যামাইনো অ্যাসিডকে শরীর নিজে প্রস্তুত করতে পারে না এবং এদের 'অপরিহার্য অ্যামাইনো অ্যাসিড' (Essential amino acids) বলে। অন্যান্য অ্যামাইনো অ্যাসিডকে জীবদেহ তার খাদ্য থেকে নিজে প্রস্তুত করতে পারে। একই ধরনের খাদ্য থেকে জীবদেহ সবরকম অ্যামাইনো অ্যাসিড প্রস্তুত করতে পারে না। এই কারণে প্রাণীর জন্য বিভিন্ন রকম খাদ্যের প্রয়োজন হয়।

জীব বা উদ্ভিদ থেকে যে অ্যামাইনো অ্যাসিড পাওয়া যায়, তাতে একটি অ্যামাইনো ও একটি কার্বক্সিল মূলক থাকতে পারে বা দুটি অ্যামাইনো এবং একটি কার্বক্সিল মূলক বা একটি অ্যামাইনো এবং দুটি কার্বক্সিল মূলক থাকতে পারে। গ্লাইসিন ও β অ্যালানিন ব্যতীত সকল প্রাকৃতিক অ্যামাইনো অ্যাসিড আলোক সক্রিয় (Optically active) যৌগ।

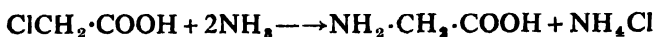
নামকরণ: অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলিকে কার্বক্সিল অ্যাসিডের অ্যামাইনো জাতক হিসেবে ধরা হয় এবং কার্বক্সিল মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে অ্যামাইনো মূলকের অবস্থান গ্রীক অক্ষর দিয়ে সূচীত করা হয় যেমন—

$NH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$ অ্যামাইনো অ্যাসিটিক অ্যাসিড বা গ্লাইসিন

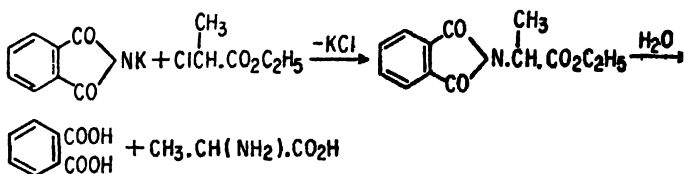
$CH_3 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$ α-অ্যামাইনো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড, α-অ্যালানিন

$NH_2CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$ β-অ্যামাইনো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড বা β-অ্যালানিন

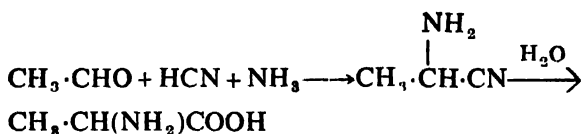
প্রস্তুতি: (1) α-হ্যালো কার্বক্সিল অ্যাসিড অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় α-অ্যামাইনো অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

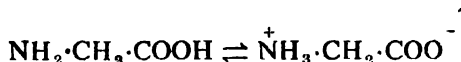
$$ClCH_2 \cdot COOH + 2NH_3 \longrightarrow NH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH + NH_4Cl$$

(2) পটাশিও থ্যালিমাইডের সঙ্গে α-হ্যালো কার্বক্সিল অ্যাসিডের এস্টার বিক্রিয়া করে যে যৌগ উৎপন্ন করে তাকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে α-অ্যামাইনো অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$C_6H_4(CO)_2NK + ClCH(CH_3).CO_2C_2H_5 \xrightarrow{-KCl} C_6H_4(CO)_2N.CH(CH_3).CO_2C_2H_5 \xrightarrow{H_2O}$$

$$C_6H_4(COOH)_2 + CH_3.CH(NH_2).CO_2H$$

(3) অ্যালডিহাইড, অ্যামোনিয়া এবং হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়

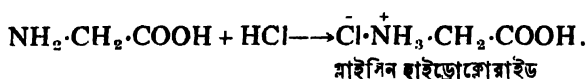
উৎপন্ন অ্যামাইনো নাইট্রাইলকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে ८-অ্যামাইনো অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়াকে স্ট্রেকার সংশ্লেষণ (Streeker synthesis) বলে।

$$CH_3 \cdot CHO + HCN + NH_3 \longrightarrow CH_3 \cdot \underset{}{\overset{NH_2}{\overset{|}{C}}}H \cdot CN \xrightarrow{H_2O} CH_3 \cdot CH(NH_2)COOH$$

ধর্ম : বেশির ভাগ অ্যামাইনো অ্যাসিড কঠিন পদার্থ। জলে দ্রাব্য, কিন্তু জৈব দ্রাবকে যেমন কোহল, ইথারে অদ্রাব্য। অ্যামাইনো অ্যাসিডের দ্বিমেরু ভ্রামকের পরিমাণ বেশ বেশি। দ্রবণে অ্যামাইনো অ্যাসিডের কার্বক্সিল মূলকের প্রোটন অ্যামাইনো মূলক গ্রহণ করে অন্তরতর লবণ (Inner salt) গঠন করে। এদের জুইটার আয়ন (Zwitterion) বা অ্যাম্ফলাইট (Ampholyte) বা দ্বিমেরুক আয়ন (Dipolar ion) বলে।

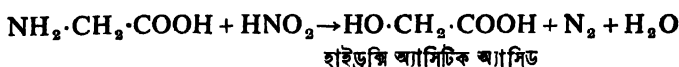
$$NH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH \rightleftharpoons \overset{+}{N}H_3 \cdot CH_2 \cdot COO^-$$

অ্যামাইনো অ্যাসিডের বিক্রিয়াসমূহকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়। যেমন—(ক) কেবলমাত্র অ্যামাইনো মূলকের বিক্রিয়া (খ) কেবলমাত্র কার্বক্সিল মূলকের বিক্রিয়া (গ) অ্যামাইনো ও কার্বক্সিল মূলকের বিক্রিয়া।

বিক্রিয়াসমূহ : (ক) (1) শক্তিশালী অজৈব অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যামাইনো অ্যাসিড লবণ উৎপন্ন করে।

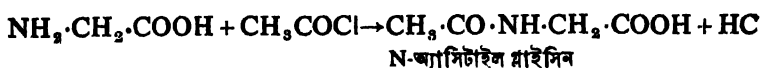
$$NH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH + HCl \longrightarrow \overset{-}{Cl} \cdot \overset{+}{N}H_3 \cdot CH_2 \cdot COOH.$$

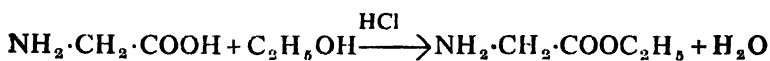
গ্লাইসিন হাইড্রোক্লোরাইড

(2) নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যামাইনো অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সি অ্যাসিড ও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

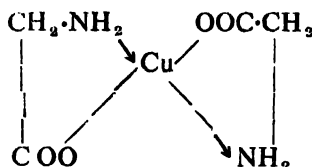
$$NH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH + HNO_2 \rightarrow HO \cdot CH_2 \cdot COOH + N_2 + H_2O$$

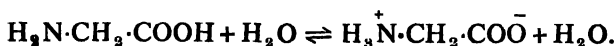
হাইড্রক্সি অ্যাসিটিক অ্যাসিড

3. অ্যামাইনো অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় N অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন করে।

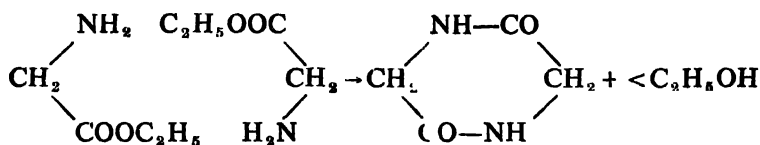
$$NH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH + CH_3COCl \rightarrow CH_3 \cdot CO \cdot NH \cdot CH_2 \cdot COOH + HC$$

N-অ্যাসিটাইল গ্লাইসিন

(খ) (1) অজৈব অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যামাইনো অ্যাসিড কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন করে।

$$NH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{HCl} NH_2 \cdot CH_2 \cdot COOC_2H_5 + H_2O$$

(2) কপার (II) অক্সাইডের সঙ্গে গ্লাইসিন দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে লবণ উৎপন্ন হয়। এদের চিলেট (Chelate) যৌগ বলে।

```
CH2·NH2          OOC·CH3
|       ↘Cu↗           |
|       /    \         |
|      /      \        |
COO               ↘NH2
```

(গ) (1) দ্রবণে গ্লাইসিন অন্তরতর লবণ উৎপন্ন করে।

$$H_2N \cdot CH_2 \cdot COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3\overset{+}{N} \cdot CH_2 \cdot CO\overset{-}{O} + H_2O.$$

2. গ্লাইসিনের এস্টারকে উত্তপ্ত করলে ডাইকিটো পিপারাজিন (Diketo piperazine) নামে হেটারোসাইক্লিক যৌগ উৎপন্ন হয়।

```
   NH2   C2H5OOC              NH—CO
  /           \              /     \
CH2            CH2 → CH2            CH2 + < C2H5OH
  \           /              \     /
   COOC2H5  H2N               CO—NH
```

গ্লাইসিন $NH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$ **:** মিষ্টি স্বাদযুক্ত সাদা কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 235°C। জলে দ্রাব্য। রেজিন, বার্নিশ ও ঔষধ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা যায়। পটাশিও থ্যালিমাইড থেকেও প্রস্তুত করা যায়। অনেক প্রোটিনে বিশেষ করে দুধে পাওয়া যায়।

অ্যালানিন (α-অ্যামাইনো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড) : অ্যালানিন [$CH_3CH(NH_2) \cdot COOH$] বর্ণহীন কেলাসাকার, আলোক সক্রিয় পদার্থ। জলে দ্রাব্য, কোহলে স্বল্প দ্রাব্য, কিন্তু ইথারে অদ্রাব্য। α-ব্রোমো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা যায়। এছাড়া সংশ্লেষণ স্ট্রেকার দিয়েও প্রস্তুত করা যায়। থ্যালিমাইড থেকে প্রস্তুত করা যায়। (প্রস্তুতির 2 এবং 3 নং বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য) DL অ্যালানিনের গলনাঙ্ক 295°C। অণুজীববিজ্ঞান শাখার গবেষণায় ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলী

1. হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড কে আবিষ্কার করেন? অনার্দ্র HCN অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলি হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কোন্ পদার্থ উৎপন্ন হবে? শর্তসহ আলোচনা কর। (i) H_2O (ii) Zn/HCl (iii) কার্বনিল যৌগ

2. HCN কোন্ অ্যাসিডের নাইট্রাইল? হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের গঠন নিরূপণ কর।

3. অ্যালকাইল সায়ানাইড প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিগুলি কি কি? নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলি মিথাইল সায়ানাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কোন্ পদার্থ উৎপন্ন হবে? শর্ত ও সমীকরণসহ আলোচনা কর। (i) HCl (ii) NaOH (iii) Na/C_2H_5OH (iv) $SnCl_2/HCl$ (v) C_2H_5OH/H_2SO_4

4. অ্যালকাইল আইসোসায়ানাইড কাদের বলে? এই শ্রেণীর যৌগদের সংশ্লেষণের সাধারণ পদ্ধতির বর্ণনা কর। নিম্নলিখিত বিক্রিয়কের সঙ্গে অ্যালকাইল আইসোসায়ানাইডের বিক্রিয়ায় কি যৌগ উৎপন্ন হবে? শর্তসহ আলোচনা কর (i) লঘু HCl (ii) HgO (iii) H_2 (iv) Br_2

5. নাইট্রোপ্যারাফিন কাকে বলে? নামকরণ কর (i) $CH_3 \cdot NO_2$ (ii) $CH_3CH_2 \cdot CH_2NO_2$।

6. নাইট্রোপ্যারাফিন কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? নাইট্রোপ্যারাফিন ও অ্যালকাইল নাইট্রোইটের মধ্যে পার্থক্য কি? নাইট্রোনিক অ্যাসিড ও ছদ্মবেশী অ্যাসিড কি বস্তু?

7. অ্যামিন কাদের বলে? অ্যামিনের শ্রেণীবিভাগ কর।
$C_4H_{11}N$ সংকেত বিশিষ্ট অ্যামিনের কত প্রকার সমাবয়ব অ্যামিন হতে পারে। প্রত্যেকটি সমাবয়ব অ্যামিনের নাম ও গঠন উল্লেখ কর।

8. প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক অ্যামিনের মিশ্রণ থেকে প্রত্যেকটি অ্যামিনকে কিভাবে পৃথক করা হয়?

9. টীকা লেখ:—(i) কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া (ii) হফম্যান বিক্রিয়া (iii) গ্যাব্রিয়েল থ্যালিম্যাইড সংশ্লেষণ (iv) হফম্যান মাস্টার্ড অয়েল বিক্রিয়া (v) শিফের স্কারক।

10. প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক অ্যামিনের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়া আলোচনা কর।

11. প্রাথমিক, দ্বিতীয়ক ও তৃতীয়ক অ্যামিনের মধ্যে পার্থক্য আলোচনা কর।
12. সংশ্লেষণ কর (1) মিথাইল অ্যামিন (ii) ডাই-মিথাইল অ্যামিন (iii) ট্রাই-মিথাইল অ্যামিন (iv) সেট্রকার সংশ্লেষণ (v) দ্বিমেরুক আয়ন
13. চতুর্থক অ্যামিন লবণ ও ক্ষারক কাদের বলে? টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে উত্তপ্ত করলে কি কি যৌগ উৎপন্ন হবে? আর ট্রাইমিথাইল ইথাইল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে উত্তপ্ত করলে কি কি যৌগ পাওয়া যাবে?
14. অ্যামোনিয়া, মিথাইল অ্যামিন ও ডাই-মিথাইল অ্যামিনের মধ্যে কোনটি বেশি ক্ষারকীয় এবং কেন?
15. অ্যামাইনো অ্যাসিড কাকে বলে? গ্লাইসিন ও অ্যালানিন কিভাবে সংশ্লেষণ করা যায়? অন্তরতর লবণ কি?
16. অ্যামাইনো অ্যাসিডের বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর।

১৭

সম্পৃক্ত দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিড সমূহ
Saturated Dicarboxylic Acids

সাধারণত অ্যালকেনের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি কার্বক্সিল মূলক দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাকে সম্পৃক্ত দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিড বলে। এই শ্রেণী সদস্যদের সাধারণ সংকেত হলো $(CH_2)_n(COOH)_2$। দুটি কার্বক্সিল মূলক একটি বা দুটি কার্বন যুক্ত থাকতে পারে। এই শ্রেণীর প্রথম সদস্য হলো অকজালিক অ্যাসিড HOOC · COOH বা $(COOH)_2$। দুটি কার্বক্সিল মূলক সরাসরি যুক্ত। এখানে n-এর মান শূন্য। দ্বিতীয় সদস্যের নাম ম্যালোনিক অ্যাসিড [$HOOC{\cdot}CH_2COOH$]।

নামকরণ : এই শ্রেণীর সদস্যদের সাধারণ নাম তাদের উৎসের নাম থেকে সাধারণত করা হয়। যেমন অক্জালিস (Oxalis) শ্রেণীর উদ্ভিদ থেকে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাকে অক্জালিক (Oxalic) অ্যাসিড বলে। ম্যালিক অ্যাসিডকে জারিত করে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাকে ম্যালোনিক অ্যাসিড বলে।

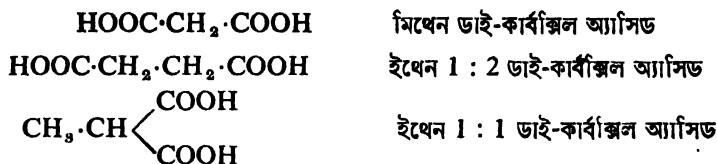
সম্পৃক্ত দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিডে যত সংখ্যক কার্বন আছে তত সংখ্যক কার্বন বিশিষ্ট অ্যালকেনের নামের শেষে ডাইওয়িক বসিয়ে IUPAC পদ্ধতিতে এই শ্রেণীর সদস্যদের নামকরণ করা হয়।

	সাধারণ নাম	IUPAC নাম
HOOC·COOH	অকজালিক অ্যাসিড	ইথেন ডাইওয়িক অ্যাসিড
$HOOC{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$	ম্যালোনিক অ্যাসিড	প্রোপেন ডাইওয়িক অ্যাসিড
$CH_2{\cdot}COOH$ | $CH_2{\cdot}COOH$	সাকসিনিক অ্যাসিড	বিউটেন ডাইওয়িক অ্যাসিড

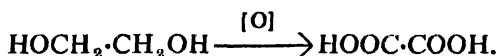
আবার অনেক সময় দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিডকে (অকজালিক অ্যাসিড ব্যতীত) অ্যালকেনের ডাই-কার্বক্সিল জাতক ধরে নামকরণ করা হয় এবং কার্বক্সিল মূলকের অবস্থান সংখ্যা দ্বারা সূচীত করা হয়। এটিও IUPAC পদ্ধতি।

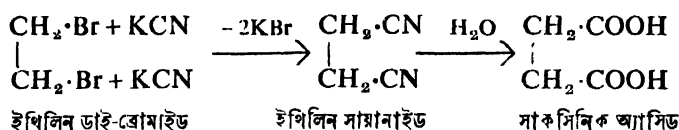
$HOOC{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$ মিথেন ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড

$HOOC{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$ ইথেন 1 : 2 ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড

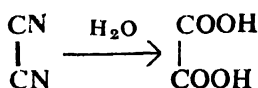
$CH_3{\cdot}CH<\begin{matrix}COOH\\COOH\end{matrix}$ ইথেন 1 : 1 ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড

প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিসমূহ: (1) গ্লাইকলকে [যাতে দুটি প্রাথমিক কোহল মূলক আছে] জারিত করে দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

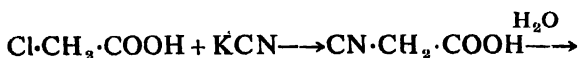
$$HOCH_2{\cdot}CH_2OH \xrightarrow{[O]} HOOC{\cdot}COOH.$$

ইথিলিন গ্লাইকল অকজালিক অ্যাসিড

(2) ডাই-হ্যালো অ্যালকেনের সঙ্গে পটাশিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ার উৎপন্ন সায়ানাইড যৌগকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে এই শ্রেণীর সদস্যদের প্রস্তুত করা যায়।

$$\begin{matrix}CH_2{\cdot}Br + KCN\\|\\CH_2{\cdot}Br + KCN\end{matrix} \xrightarrow{-2KBr} \begin{matrix}CH_2{\cdot}CN\\|\\CH_2{\cdot}CN\end{matrix} \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix}CH_2{\cdot}COOH\\|\\CH_2{\cdot}COOH\end{matrix}$$

ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড ইথিলিন সায়ানাইড সাকসিনিক অ্যাসিড

সায়ানোজেনকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে অকজালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

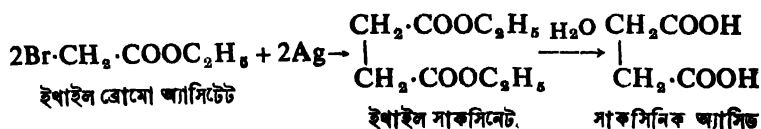
$$\begin{matrix}CN\\|\\CN\end{matrix} \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix}$$

মনোহ্যালো ফ্যাটি অ্যাসিডের সঙ্গে পটাশিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সায়ানো অ্যাসিডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে এই শ্রেণীর সদস্যদের প্রস্তুত করা যায়।

$$Cl{\cdot}CH_2{\cdot}COOH + KCN \longrightarrow CN{\cdot}CH_2{\cdot}COOH \xrightarrow{H_2O}$$

ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড সায়ানোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড

$$HOOC{\cdot}CH_2{\cdot}COOH.$$

ম্যালোনিক অ্যাসিড

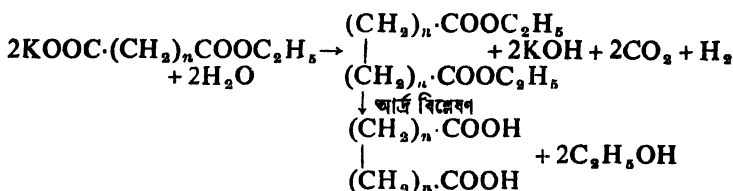
(3) হ্যালোজিনো ফ্যাটি অ্যাসিডের এস্টারের সঙ্গে সিলভারের বিক্রিয়ায় দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিডের এস্টার উৎপন্ন হয়, যাকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$2Br{\cdot}CH_2{\cdot}COOC_2H_5 + 2Ag \rightarrow \begin{matrix}CH_2{\cdot}COOC_2H_5\\|\\CH_2{\cdot}COOC_2H_5\end{matrix} \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix}CH_2COOH\\|\\CH_2{\cdot}COOH\end{matrix}$$

ইথাইল ব্রোমো অ্যাসিটেট ইথাইল সাকসিনেট, সাকসিনিক অ্যাসিড

4. পটাশিয়াম অ্যালকাইল এস্টারের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে উচ্চতর দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিড পাওয়া যায়।

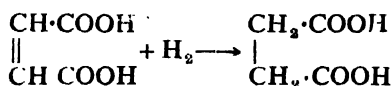
$$2KOOC\cdot(CH_2)_nCOOC_2H_5 + 2H_2O \rightarrow \begin{array}{l}(CH_2)_n\cdot COOC_2H_5\\ |\\ (CH_2)_n\cdot COOC_2H_5\end{array} + 2KOH + 2CO_2 + H_2$$

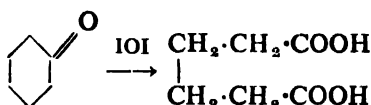
$$\downarrow \text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}$$

$$\begin{array}{l}(CH_2)_n\cdot COOH\\ |\\ (CH_2)_n\cdot COOH\end{array} + 2C_2H_5OH$$

এই বিক্রিয়ায় সব সময় জোড় সংখ্যায় কার্বন পরমাণু অ্যাসিডে থাকবে।

5. ম্যালোনিক এস্টার এবং অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টার থেকে দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

6. অসম্পৃক্ত দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিডকে বিজারিত করে এই শ্রেণীর সদস্য প্রস্তুত করা যায়।

$$\begin{array}{l}CH\cdot COOH\\ \|\\ CH\ COOH\end{array} + H_2 \longrightarrow \begin{array}{l}CH_2\cdot COOH\\ |\\ CH_2\cdot COOH\end{array}$$

7. চক্রাকার কিটোনকে (Cyclic ketones) জারিত করে দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। সাইক্লো হেক্সানোনকে নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে অ্যাডিপিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$\text{(cyclohexanone, C=O)} \xrightarrow{[O]} \begin{array}{l}CH_2\cdot CH_2\cdot COOH\\ |\\ CH_2\cdot CH_2\cdot COOH\end{array}$$

সাধারণ ধর্ম: দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিডগুলি কেলাসাকার কঠিন এবং নিম্নতর সদস্যরা জলে দ্রাব্য। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধিতে দ্রাব্যতা সাধারণ নিয়ম অনুযায়ী কমে। বিজোড় সংখ্যক কার্বন বিশিষ্ট অ্যাসিড জোড় সংখ্যক কার্বন বিশিষ্ট অ্যাসিডের থেকে জলে বেশি দ্রাব্য কিন্তু গলনাঙ্ক কম।

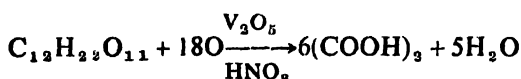
	দ্রাব্যতা [গ্রাম/100 গ্রাম জলে]	গলনাঙ্ক °C
অকজালিক অ্যাসিড $(COOH)_2$	10·2	186
ম্যালোনিক অ্যাসিড $CH_2(COOH)_2$	139·4	135·6
সাকসিনিক অ্যাসিড $HOOC\cdot(CH_2)_2COOH$	6·84	185
গ্লুটারিক অ্যাসিড $HOOC(CH_2)_3\cdot COOH$	83·3	97
অ্যাডিপিক অ্যাসিড $HOOC(CH_2)_4\cdot COOH$	1·44	151
পিমেলিক অ্যাসিড $HOOC(CH_2)_5\cdot COOH$	4·1	103

এই শ্রেণীর কোন সদস্য জলীয় বাষ্প দ্বারা উদ্বায়ী নয়। অক্জালিক অ্যাসিড ব্যতীত অন্যান্য অ্যাসিডগুলি জারক দ্রব্যে বেশ স্থায়ী। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে এই শ্রেণীর সদস্যদের অ্যাসিডের শক্তি কম হয়ে আসে।

অকজালিক অ্যাসিড, ইথেন ডাইওয়িক অ্যাসিড (Oxalic acid, Ethane dioic acid) HOOC·COOH **:** সরলতম দ্বিকার্বক্সিল অ্যাসিড এবং অত্যন্ত প্রয়োজনীয় পদার্থ। অকজালিস শ্রেণীর নানা উদ্ভিদে এই অ্যাসিডটি মুক্ত অবস্থায় বা পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম লবণ হিসেবে পাওয়া যায়। আমরুলের (Sorrel) পাতায় পটাশিয়াম হাইড্রোজেন অকজালেট পাওয়া যায়। অর্জুন গাছের ছালে, ওল, কচু এবং পিঁয়াজে ক্যালসিয়াম লবণ হিসাব পাওয়া যায়। মানুষের মূত্রে অ্যামোনিয়াম অকজালেট পাওয়া যায়।

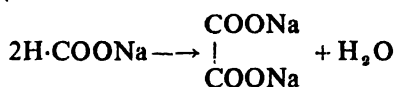
1766 খ্রীষ্টাব্দে শীলে (Scheele) চিনিকে (সুক্রোজ) নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে প্রথম অকজালিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন। এবং দেখান যে, আমরুল থেকে প্রাপ্ত অ্যাসিডের সঙ্গে অভিন্ন।

প্রস্তুতি : ভ্যানাডিয়াম পেণ্টঅক্সাইডের উপস্থিতিতে চিনিকে (সুক্রোজ) নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে উত্তপ্ত করলে অকজালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়ায় প্রচুর নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। এই বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত দ্রবণকে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করলে অকজালিক অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়, যাকে পরিস্রুত করে আলাদা করে জলের থেকে পুনঃ কেলাসিত করে বিশুদ্ধ করা হয়।

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 18O \xrightarrow[HNO_3]{V_2O_5} 6(COOH)_2 + 5H_2O$$

(2) কাঠের গুড়োকে 200°C-এ কস্টিক সোডা ও কস্টিক পটাশ দিয়ে উত্তপ্ত করে যে গলিত পদার্থ পাওয়া যায়, তাতে অকজালিক অ্যাসিডের সোডিয়াম পটাশিয়াম লবণ থাকে। উৎপন্ন পদার্থকে জল দিয়ে নিষ্কাশন করে চুনের জল (Lime H_2O) যোগ করা হয়। এতে ক্যালসিয়াম অকজালেটের অদ্রাব্য কেলাস পাওয়া যায়, যাকে পরিস্রুত করে পৃথক করে পরিমাণ মত সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে অকজালিক অ্যাসিডের দ্রবণ ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। ক্যালসিয়াম সালফেটকে পরিস্রুত করে পৃথক করে দ্রবণকে ঘনীভূত করলে অকজালিক অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়। যাকে পুনঃ কেলাসিত করে বিশুদ্ধ করা হয়। এই পদ্ধতিটি এখন অচল।

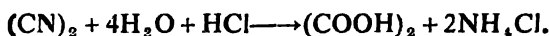
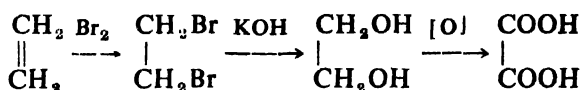
(3) সোডিয়াম ফরমেটকে 360°C-এ উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম অকজালেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম অকজালেট থেকে আগের পদ্ধতি অনুসারে

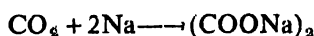
অকজালিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়ায় অকজালিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$2H\cdot COONa \longrightarrow \begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix} + H_2O$$

4. সায়ানোজেনকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে অকজালিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

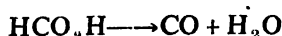
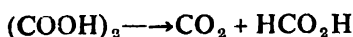
$$(CN)_2 + 4H_2O + HCl \longrightarrow (COOH)_2 + 2NH_4Cl.$$

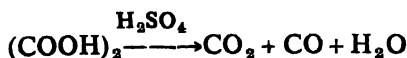
5. ইথিলিন গ্লাইকলকে জারিত করে অকজালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

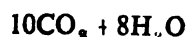
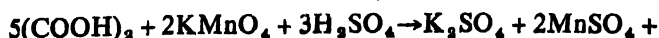
$$\begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{matrix} \xrightarrow{Br_2} \begin{matrix} CH_2Br \\ | \\ CH_2Br \end{matrix} \xrightarrow{KOH} \begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \xrightarrow{[O]} \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}$$

6. 360°C-এ সোডিয়ামের উপর কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করে সোডিয়াম অকজালেট প্রস্তুত করা যায়।

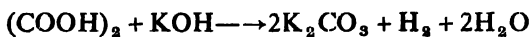
$$CO_2 + 2Na \longrightarrow (COONa)_2$$

ধর্ম ঃ জলীয় দ্রবণ থেকে কেলাসিত অকজালিক অ্যাসিডে $(COOH)_2H_2O$ দুই অণু স্ফটিক জল (water of crystallisation) থাকে। এই কেলাসগুলি বর্ণহীন প্রিজ্‌মের মত এবং গলনাঙ্ক 101°C। অনার্দ্র অ্যাসিডের গলনাঙ্ক 189·5°C। 200°C-এ অকজালিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন মনোঅক্সাইড, ফরমিক অ্যাসিড ও জলে বিভক্ত হয়ে যায়।

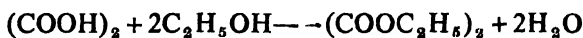
$$(COOH)_2 \longrightarrow CO_2 + HCO_2H$$

$$HCO_2H \longrightarrow CO + H_2O$$

বিক্রিয়াসমূহ ঃ (1) 90°C-এ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অকজালিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড, কার্বন মনোঅক্সাইড ও জল পাওয়া যায়।

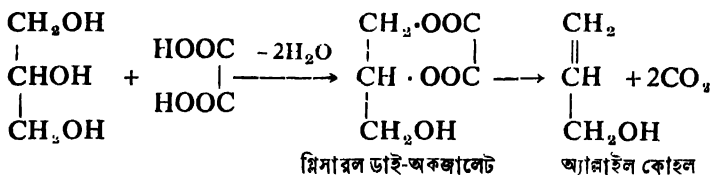
$$(COOH)_2 \xrightarrow{H_2SO_4} CO_2 + CO + H_2O$$

(2) আম্লিক পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ (অল্প গরম) অকজালিক অ্যাসিডকে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিবর্তন করে। এই বিক্রিয়া দিয়ে টাইট্রেশন পদ্ধতিতে পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় করা হয়।

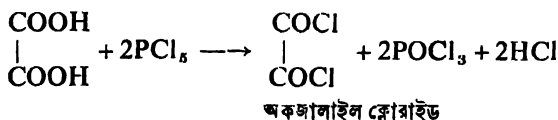
$$5(COOH)_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$$

(3) কস্টিক পটাশের সঙ্গে কঠিন অকজালিক অ্যাসিডকে গলালে পটাশিয়াম কার্বনেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$(COOH)_2 + KOH \longrightarrow 2K_2CO_3 + H_2 + 2H_2O$$

(4) ইথানলের সঙ্গে অনার্দ্র অকজালিক অ্যাসিডকে রিফ্লাক্স করলে ডাই-ইথাইল অকজালেট পাওয়া যায়।

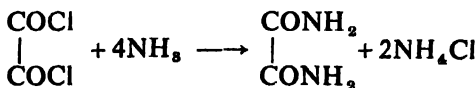
$$(COOH)_2 + 2C_2H_5OH \longrightarrow (COOC_2H_5)_2 + 2H_2O$$

5. 110°C-এ গ্লিসারলকে অকজালিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। (ফরমিক অ্যাসিডের রসায়নাগারে প্রস্তুতি)। কিন্তু অধিক তাপমাত্রায় গ্লিসারলকে অকজালিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অ্যাল্লাইল কোহল উৎপন্ন হয়।

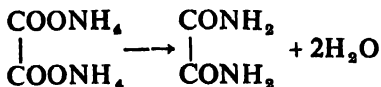
$$\begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + \begin{matrix} HOOC \\ | \\ HOOC \end{matrix} \xrightarrow{-2H_2O} \begin{matrix} CH_2\cdot OOC \\ | \quad\quad | \\ CH\cdot OOC \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix} + 2CO_2$$

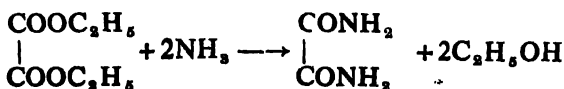
গ্লিসারল ডাই-অকজালেট অ্যাল্লাইল কোহল

6. ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে অকজালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অকজালাইল ক্লোরাইড (Oxalyl chloride) পাওয়া যায়।

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2PCl_5 \longrightarrow \begin{matrix} COCl \\ | \\ COCl \end{matrix} + 2POCl_3 + 2HCl$$

অকজালাইল ক্লোরাইড

7. অকজালাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় অকজামাইড উৎপন্ন হয়।

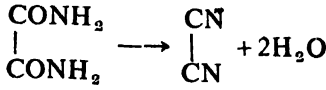
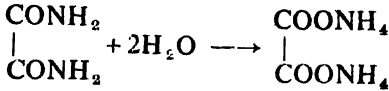
$$\begin{matrix} COCl \\ | \\ COCl \end{matrix} + 4NH_3 \longrightarrow \begin{matrix} CONH_2 \\ | \\ CONH_2 \end{matrix} + 2NH_4Cl$$

8. অ্যামোনিয়াম অকজালেটকে উত্তপ্ত করলে অকজামাইড পাওয়া যায়।

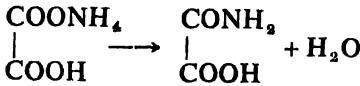
$$\begin{matrix} COONH_4 \\ | \\ COONH_4 \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} CONH_2 \\ | \\ CONH_2 \end{matrix} + 2H_2O$$

9. ডাই-ইথাইল অকজালেটের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় অকজামাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$\begin{matrix} COOC_2H_5 \\ | \\ COOC_2H_5 \end{matrix} + 2NH_3 \longrightarrow \begin{matrix} CONH_2 \\ | \\ CONH_2 \end{matrix} + 2C_2H_5OH$$

10. অকজামাইডকে ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে সায়ানোজেন গ্যাস প্রস্তুত করা যায়।

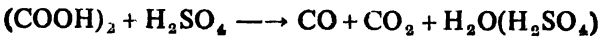
$$\begin{matrix} CONH_2 \\ | \\ CONH_2 \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} CN \\ | \\ CN \end{matrix} + 2H_2O$$

11. অকজামাইডকে আদ্র বিশ্লেষিত করলে অ্যামোনিয়াম অকজালেট পাওয় যায়।

$$\begin{matrix} CONH_2 \\ | \\ CONH_2 \end{matrix} + 2H_2O \longrightarrow \begin{matrix} COONH_4 \\ | \\ COONH_4 \end{matrix}$$

12. অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন অকজালেট ($NH_4OOC{\cdot}COOH$)-কে উত্তপ্ত করলে অকজামিক অ্যাসিড ($H_2NOC{\cdot}COOH$) পাওয়া যায়।

$$\begin{matrix} COONH_4 \\ | \\ COOH \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} CONH_2 \\ | \\ COOH \end{matrix} + H_2O$$

সনাক্তকরণঃ (1) সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বারা অম্লকৃত পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সঙ্গে অকজালিক অ্যাসিড দ্রবণকে সামান্য উত্তপ্ত করলে পারম্যাঙ্গানেটের বেগুনীবর্ণ বর্ণহীন হয়ে পড়ে।

(2) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অকজালিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে যে গ্যাস নির্গত হয় তা হাল্কা নীল শিখার জ্বলে।

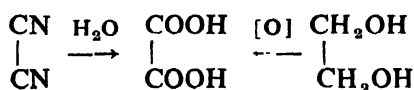
$$(COOH)_2 + H_2SO_4 \longrightarrow CO + CO_2 + H_2O(H_2SO_4)$$

(3) অকজালেটের প্রশম দ্রবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করলে ক্যালসিয়াম অকজালেটের সাদা অবঃক্ষেপ পাওয়া যায়, যা অ্যাসিটিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য।

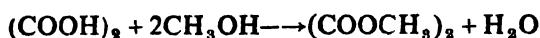
(4) অকজালিক অ্যাসিড বা অকজালেট দ্রবণে ডেনিগ বিকারক (Denige's reagent) যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। যাকে উত্তপ্ত করলে দ্রবীভূত হয় না। টারটারিক অ্যাসিড ও সায়াট্রিক অ্যাসিড থেকে পার্থক্য।

ব্যবহার ঃ কাপড় রঙ করতে এবং ছাপাতে অকজালিক অ্যাসিড ও অকজালেট লবণগুলি ব্যবহৃত হয়। আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে (Volumetric analysis) অকজালিক অ্যাসিড এবং সোডিয়াম অকজালেট ব্যবহৃত হয়। ফটোগ্রাফী শিল্পে ফেরাস অকজালেট প্রয়োজন হয়। ফরমিক অ্যাসিড, অ্যাল্লাইল কোহল অকজালিক অ্যাসিডের এস্টার প্রস্তুতিতে অকজালিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। অকজালিক অ্যাসিড

ও পটাশিয়াম অকজালেট মিশ্রণ [যাকে কোয়াড্রোঅকজালেট (Quadroxalate) বলে] দিয়ে কাপড়ে কালির দাগ তোলা হয়।

গঠন : (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, অকজালিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত $C_2H_2O_4$। (2) এক মোল বা অণু অকজালিক অ্যাসিড দুই মোল কস্টিক ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত হয়। অতএব অকজালিক অ্যাসিড দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড। (3) অকজালিক অ্যাসিড দুধরনের লবণ ও এস্টার দেয়। যেমন পটাশিয়াম হাইড্রোজেন অকজালেট ও পটাশিয়াম অকজালেট ($C_2O_4K_2$) এবং ইথাইল হাইড্রোজেন অকজালেট ও ডাই-ইথাইল অকজালেট দেয়। এছাড়া অকজালিক অ্যাসিড ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অকজালাইল ক্লোরাইড $C_2O_2Cl_2$ উৎপন্ন করে। অতএব অকজালিক অ্যাসিডে দুটি কার্বক্সিল মূলক আছে এবং মূলক দুটি সরাসরি যুক্ত অর্থাৎ HOOC·COOH। অকজালিক অ্যাসিডের এই গঠন সংশ্লেষণ দ্বারা সমর্থন করা যায়।

$$\begin{matrix} CN \\ | \\ CN \end{matrix} \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} \xleftarrow{[O]} \begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}$$

ডাই-মিথাইল অকজালেট $(COOCH_3)_2$ **:** অকজালিক অ্যাসিডকে মিথানল দিয়ে রিফ্লাক্স করলে ডাই-মিথাইল অকজালেট পাওয়া যায়।

$$(COOH)_2 + 2CH_3OH \longrightarrow (COOCH_3)_2 + H_2O$$

ডাই-মিথাইল অকজালেট কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 54°C।

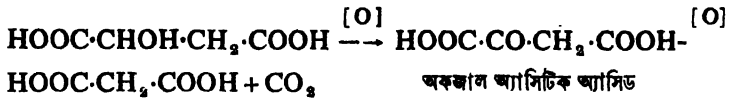
ডাই-ইথাইল অকজালেট $(COOC_2H_5)_2$ **:** মিথাইল এস্টারের অনুরূপভাবে ডাই-ইথাইল অকজালেট প্রস্তুত করা হয়। ডাই-ইথাইল অকজালেট কিন্তু তরল পদার্থ, স্ফুটনাঙ্ক 186°C।

ম্যালোনিক অ্যাসিড, মিথেন ডাইওয়িক অ্যাসিড $CH_2(COOH)_2$ **:** ম্যালিক অ্যাসিডকে জারিত করে প্রথমে এই অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় এবং এই ম্যালিক অ্যাসিড থেকে এই অ্যাসিডটির নামকরণ করা হয় ম্যালোনিক অ্যাসিড। বিটের (Beet) রসে অল্প পরিমাণে এই অ্যাসিডটি পাওয়া যায়। এছাড়া তেমন কোন প্রাকৃতিক উৎস এই অ্যাসিডটির নেই।

প্রস্তুতি : (1) ম্যালিক অ্যাসিডকে ডাইক্রোমেট, সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে এই অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

$$HOOC{\cdot}CHOH{\cdot}CH_2{\cdot}COOH \xrightarrow{[O]} HOOC{\cdot}CO{\cdot}CH_2{\cdot}COOH \xrightarrow{[O]}$$

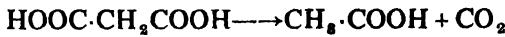
$$HOOC{\cdot}CH_2{\cdot}COOH + CO_2$$

অক্জাল অ্যাসিটিক অ্যাসিড

(2) পটাশিয়াম ক্লোরোঅ্যাসিটেটকে পটাশিয়াম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে পটাশিয়াম সায়ানো অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়, যাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে ম্যালোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

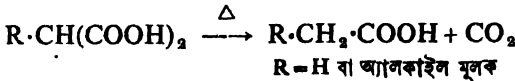
$$KCN + Cl{\cdot}CH_2{\cdot}COOK \longrightarrow CN{\cdot}CH_2.COOH \xrightarrow{H_2O} CH_2(COOH)_2$$

ধর্ম : ম্যালোনিক অ্যাসিড কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 135·6°C। জলে এবং কোহলে দ্রাব্য। এই অ্যাসিডের ক্ষারীয় ধাতুর লবণগুলি কেবলমাত্র জলে দ্রাব্য।

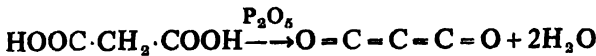
বিক্রিয়াসমূহ : (1) ম্যালোনিক অ্যাসিডকে 140°-150°C-এ উত্তপ্ত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$HOOC{\cdot}CH_2COOH \longrightarrow CH_3{\cdot}COOH + CO_2$$

যে কোন দ্বিকার্বক্সিল অ্যাসিড যাতে দুটি কার্বক্সিল মূলক একটি কার্বনে যুক্ত তাদের উত্তপ্ত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড সহজে মুক্ত হয় এবং দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিডটি এক ক্ষারীয় অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$R{\cdot}CH(COOH)_2 \xrightarrow{\Delta} R{\cdot}CH_2{\cdot}COOH + CO_2$$

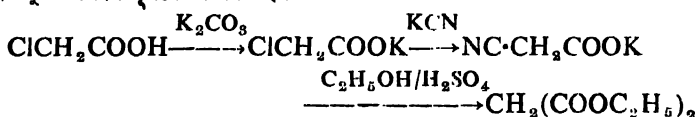
R = H বা অ্যালকাইল মূলক

(2) ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইডের সঙ্গে ম্যালোনিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে দুই অণু জল মুক্ত হয়ে কার্বন সাব-অক্সাইডে (Carbon sub-oxide) পরিণত হয়। এই কার্বন সাব-অক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় পুনরায় ম্যালোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$HOOC{\cdot}CH_2{\cdot}COOH \xrightarrow{P_2O_5} O=C=C=C=O + 2H_2O$$

$$O:C:C:C:O + 2H_2O \longrightarrow CH_2(COOH)_2$$

কার্বন সাব-অক্সাইড

ডাই-ইথাইল ম্যালোনেট $CH_2(CO_2C_2H_5)_2$: ডাই-ইথাইল ম্যালোনেটকে সাধারণত ম্যালোনিক এস্টার বলা হয় এবং এই এস্টারটি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় যৌগ, যা জৈব যৌগ সংশ্লেষণে নানাভাবে ব্যবহৃত হয়। ম্যালোনিক অ্যাসিডের থেকে ম্যালোনিক এস্টার অনেক বিক্রিয়ায় কাজে লাগে।

প্রস্তুতি : ক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিডকে পটাশিয়াম কার্বনেট দিয়ে প্রশমিত করে পটাশিয়াম ক্লোরোঅ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয়। পটাশিয়াম ক্লোরোঅ্যাসিটেটের সঙ্গে পটাশিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় পটাশিয়াম সায়ানোঅ্যাসিটেট প্রস্তুত হয়। এই পটাশিয়াম সায়ানোঅ্যাসিটেটকে নির্জল কোহল এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে রিফ্লাক্স করে ডাই-ইথাইল ম্যালোনেট প্রস্তুত করা যায়। এই বিক্রিয়ায় সায়ানো মূলকটি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে কার্বক্সিল মূলকে পরিণত হয়, পরে কার্বক্সিল মূলক দুটি এস্টার মূলকে পরিণত হয়।

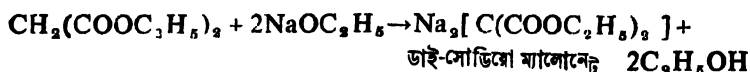
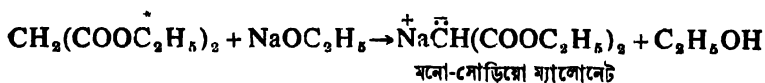
$$ClCH_2COOH \xrightarrow{K_2CO_3} ClCH_2COOK \xrightarrow{KCN} NC\cdot CH_2COOK$$
$$\xrightarrow{C_2H_5OH/H_2SO_4} CH_2(COOC_2H_5)_2$$

ধর্ম : ডাই-ইথাইল ম্যালোনেট সুন্দর গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 199°C, জলে অদ্রাব্য, কিন্তু ইথারে দ্রাব্য।

ম্যালোনিক এস্টারে দুটি এস্টার মূলক মেথিলিন মূলকে সংযুক্ত থাকায় মেথিলিন মূলকে অবস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি আম্লিক (Acidic) হয় এবং এই হাইড্রোজেন পরমাণুগুলিকে সোডিয়াম, পটাশিয়াম তড়িৎ ধনাত্মক মৌল দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা যায়। আবার ম্যালোনিক অ্যাসিডের অ্যালকাইল জাতকগুলিকে উত্তপ্ত করলে ম্যালোনিক অ্যাসিডের মত কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত করে ফ্যাটি অ্যাসিডে পরিণত হয়। এই দুটি বিশেষত্বের জন্য ম্যালোনিক এস্টার নানাপ্রকার সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।

1. এক মোল ম্যালোনিক এস্টার এক মোল সোডিয়াম ইথক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মনো-সোডিয়ো ডাই-ইথাইল ম্যালোনেট উৎপন্ন করে এবং এক মোল ম্যালোনিক এস্টার দু মোল সোডিয়াম ইথক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-সোডিয়ো ম্যালোনেট উৎপন্ন করে।

$$CH_2(COOC_2H_5)_2 + NaOC_2H_5 \rightarrow \overset{+}{Na}\overset{-}{C}H(COOC_2H_5)_2 + C_2H_5OH$$

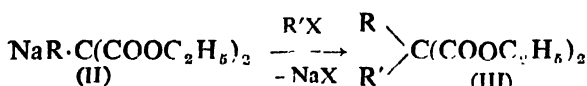
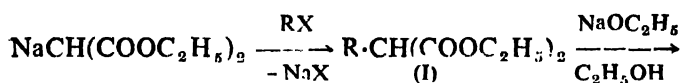
মনো-সোডিয়ো ম্যালোনেট

$$CH_2(COOC_2H_5)_2 + 2NaOC_2H_5 \rightarrow Na_2[\,C(COOC_2H_5)_2\,] + 2C_2H_5OH$$

ডাই-সোডিয়ো ম্যালোনেট

2. **অ্যালকাইল ম্যালোনেট সংশ্লেষণ :** মনো-সোডিয়ো ম্যালোনেটের সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ডাই-ইথাইল ম্যালোনেট (I) উৎপন্ন হয়, যা সোডিয়াম ইথক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল সোডিয়ো ডাই-ইথাইল

ম্যালোনেট (II) পাওয়া যায়। অ্যালকাইল সোডিয়ো ডাই-ইথাইল ম্যালোনেট পুনরায় অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যালকাইল ডাই-ইথাইল ম্যালোনেট (III) উৎপন্ন করে।

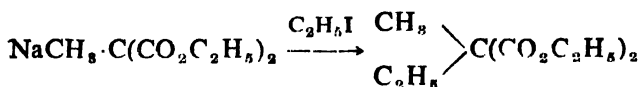
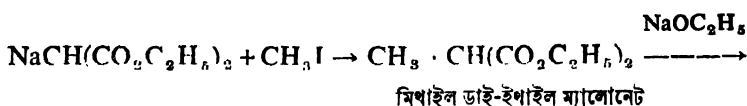
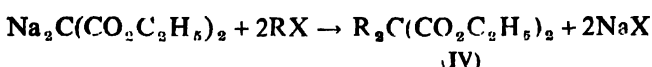
$$NaCH(COOC_2H_5)_2 \xrightarrow[-NaX]{RX} \underset{(I)}{R\cdot CH(COOC_2H_5)_2} \xrightarrow[C_2H_5OH]{NaOC_2H_5}$$

$$\underset{(II)}{NaR\cdot C(COOC_2H_5)_2} \xrightarrow[-NaX]{R'X} \underset{(III)}{\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C(COOC_2H_5)_2}$$

অবশ্য ডাই-সোডিয়ো ডাই-ইথাইল ম্যালোনেটের সঙ্গে অতিরিক্ত অ্যালকাইল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যালকাইল ডাই-ইথাইল ম্যালোনেট (IV) উৎপন্ন হয়।

$$Na_2C(CO_2C_2H_5)_2 + 2RX \rightarrow \underset{(IV)}{R_2C(CO_2C_2H_5)_2} + 2NaX$$

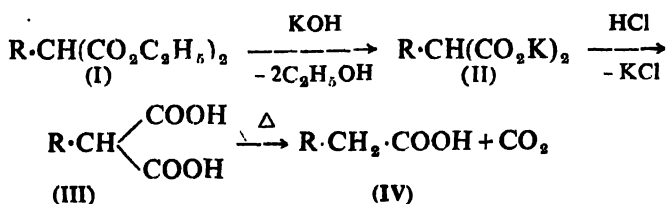
$$NaCH(CO_2C_2H_5)_2 + CH_3I \rightarrow CH_3\cdot CH(CO_2C_2H_5)_2 \xrightarrow{NaOC_2H_5}$$

মিথাইল ডাই-ইথাইল ম্যালোনেট

$$NaCH_3\cdot C(CO_2C_2H_5)_2 \xrightarrow{C_2H_5I} \begin{matrix}CH_3\\C_2H_5\end{matrix}\!\!>C(CO_2C_2H_5)_2$$

ডাই-ইথাইল মিথাইল সোডিয়ো ম্যালোনেট ডাই-ইথাইল মিথাইল ইথাইল ম্যালোনেট

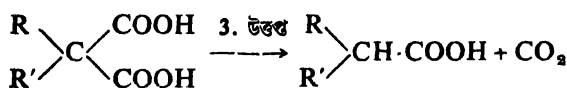
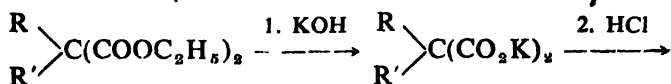
3. **সরল শৃংখল ফ্যাটি অ্যাসিড সংশ্লেষণ :** ডাই-ইথাইল অ্যালকাইল ম্যালোনেটকে (I) কস্টিক পটাশ দ্রবণে ফোটালে এটি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অ্যালকাইল ম্যালোনিক অ্যাসিডের পটাসিয়াম লবণ (II) পাওয়া যায়। এই পটাশিয়াম লবণকে আম্লিক করলে অ্যালকাইল ম্যালোনিক অ্যাসিড (III) পাওয়া যায়। যাকে (III) উত্তপ্ত করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত হয়ে ফ্যাটি অ্যাসিড (IV) পাওয়া যায়।

$$\underset{(I)}{R\cdot CH(CO_2C_2H_5)_2} \xrightarrow[-2C_2H_5OH]{KOH} \underset{(II)}{R\cdot CH(CO_2K)_2} \xrightarrow[-KCl]{HCl}$$

$$\underset{(III)}{R\cdot CH<\begin{matrix}COOH\\COOH\end{matrix}} \xrightarrow{\Delta} \underset{(IV)}{R\cdot CH_2\cdot COOH} + CO_2$$

$R = CH_3$ হলে প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড এবং $R = C_2H_5$ হলে *n*-বিউটিরিক অ্যাসিড পাওয়া যাবে।

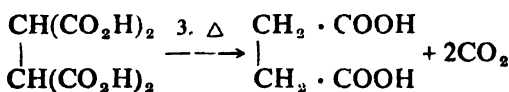
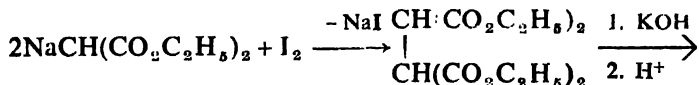
4. **শাখাযুক্ত (branch chain) ফ্যাটি অ্যাসিড সংশ্লেষণ :**

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C(COOC_2H_5)_2 \xrightarrow{1.\ KOH} \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C(CO_2K)_2 \xrightarrow{2.\ HCl}$$

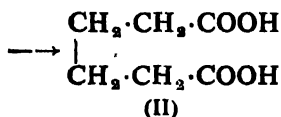
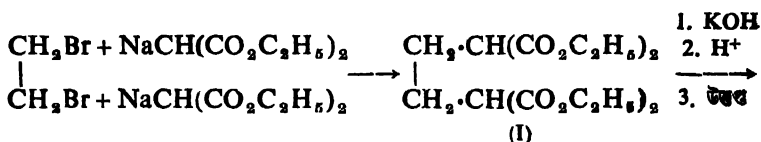
$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C\!<\!\begin{matrix}COOH\\COOH\end{matrix} \xrightarrow{3.\ \text{উত্তপ্ত}} \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>CH\cdot COOH + CO_2$$

$R = R' = CH_3$ হলে আইসো বিউটিরিক অ্যাসিড এবং $R = CH_3$ এবং $R' = C_2H_5$ হলে ইথাইল মিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যাবে।

5. **সাকসিনিক অ্যাসিড সংশ্লেষণ :** মনো-সোডিয়ো ম্যালোনেটকে আয়োডিন সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথেন টেট্রাকার্বক্সিল এস্টার উৎপন্ন হয়। যাকে আর্দ্র বিশ্লেষণ, আম্লিক এবং উত্তপ্ত করলে সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$2NaCH(CO_2C_2H_5)_2 + I_2 \xrightarrow{-NaI} \begin{matrix}CH(CO_2C_2H_5)_2\\|\\CH(CO_2C_2H_5)_2\end{matrix} \xrightarrow[2.\ H^+]{1.\ KOH}$$

$$\begin{matrix}CH(CO_2H)_2\\|\\CH(CO_2H)_2\end{matrix} \xrightarrow{3.\ \Delta} \begin{matrix}CH_2\cdot COOH\\|\\CH_2\cdot COOH\end{matrix} + 2CO_2$$

6. **অ্যাডিপিক অ্যাসিড সংশ্লেষণ :** ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইডের সঙ্গে মনো-সোডিয়ো ম্যালোনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিউটেন টেট্রাকার্বক্সিল এস্টার (I) উৎপন্ন হয়। যাকে আর্দ্র বিশ্লেষণ, আম্লিক ও উত্তপ্ত করলে অ্যাডিপিক (II) অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$\begin{matrix}CH_2Br + NaCH(CO_2C_2H_5)_2\\|\\CH_2Br + NaCH(CO_2C_2H_5)_2\end{matrix} \longrightarrow \underset{(I)}{\begin{matrix}CH_2\cdot CH(CO_2C_2H_5)_2\\|\\CH_2\cdot CH(CO_2C_2H_5)_2\end{matrix}} \xrightarrow[3.\ \text{উত্তপ্ত}]{1.\ KOH,\ 2.\ H^+}$$

$$\longrightarrow \underset{(II)}{\begin{matrix}CH_2\cdot CH_2\cdot COOH\\|\\CH_2\cdot CH_2\cdot COOH\end{matrix}}$$

7. **চক্রাকার যৌগ সংশ্লেষণ :** ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইডকে ম্যালোনিক এস্টার ও সোডিয়াম ইথক্সাইডের (2 মোল) সঙ্গে বিক্রিয়ায় সাইক্লো প্রোপেন ডাই-কার্বক্সিল এস্টার পাওয়া যায়।

$$\begin{matrix}CH_2Br\\|\\CH_2Br\end{matrix} + CH_2(CO_2C_2H_5)_2 \xrightarrow{2NaOC_2H_5} \begin{matrix}CH_2\\|\\CH_2\end{matrix}\!\!>C\!<\!\begin{matrix}CO_2C_2H_5\\CO_2C_2H_5\end{matrix} + 2NaBr + 2C_2H_5OH$$

8. **∝β অসম্পৃক্ত অ্যাসিড সংশ্লেষণ :** পিরিডিনের উপস্থিতিতে অ্যালডিহাইডের সঙ্গে ম্যালোনিক অ্যাসিড বা এস্টারের বিক্রিয়ায় ∝β অসম্পৃক্ত অ্যাসিড (এস্টার) উৎপন্ন হয়। (অ্যালডল সংঘনন বিক্রিয়ার মত)

$$CH_3{\cdot}CHO + CH_2(CO_2H) \xrightarrow[-H_2O]{Py} CH_3CH{=}C(CO_2H)_2 \xrightarrow{CO_2} CH_3{\cdot}CH{:}CHCOOH$$

9. **ম্যালোনাইল ইউরিয়া সংশ্লেষণ :** সোডিয়াম ইথক্সাইডের উপস্থিতিতে ইউরিয়ার সঙ্গে ম্যালোনিক এস্টারের বিক্রিয়ায় ম্যালোনাইল ইউরিয়া বা বারবিটিউরিক (Barbituric) অ্যাসিড (I) উৎপন্ন হয়।

$$CH_2\left\langle\begin{matrix}COOC_2H_5 & H_2N\\ COOC_2H_5 & H_2N\end{matrix}\right\rangle C{=}O \xrightarrow{NaOC_2H_5} CH_2\left\langle\begin{matrix}CO{-}NH\\ CO{-}NH\end{matrix}\right\rangle C{=}O \underset{(I)}{} + 2C_2H_5OH$$

10. **কিটোন সংশ্লেষণ :** অ্যালকাইল সোডিয়ো ম্যালোনেটের সঙ্গে অ্যাসিড ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসাইল অ্যালকাইল ম্যালোনেট (I) উৎপন্ন হয়, যাকে আর্দ্র বিশ্লেষণ, আম্লিক এবং উত্তপ্ত করলে কিটোন পাওয়া যায়।

$$NaCR(CO_2C_2H_5)_2 + R'COCl \rightarrow \begin{matrix}R\\ R'CO\end{matrix}\Big\rangle \underset{(I)}{C(CO_2C_2H_5)_2} \xrightarrow[2.\ H^+]{1\ KOH}$$

$$\begin{matrix}R\\ R'CO\end{matrix}\Big\rangle C(CO_2H)_2 \xrightarrow{\Delta} \begin{matrix}R\\ R'CO\end{matrix}\Big\rangle CH_2 + 2CO_2$$

সাকসিনিক অ্যাসিড, ইথেন 1 : 2 ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড

$HOOC{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}COOH$: অ্যাম্বারকে (রজনের পীত রঙের জীবাশ্ম) পাতন করে প্রথম প্রস্তুত করা হয়। অ্যাম্বারের (Amber) ল্যাটিন নাম সাকসিনাম (Succinum) যার থেকে এই অ্যাসিডটির নামকরণ করা হয় সাকসিনিক অ্যাসিড। সুক্রোজ এবং অন্যান্য পদার্থের সন্ধান বিক্রিয়ার (Fermentation) কালে অল্প পরিমাণে সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : (1) ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইডের সঙ্গে পটাসিয়াম সায়ানাইড দ্রবণের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ইথিলিন ডাই-সায়ানাইডকে (I) আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

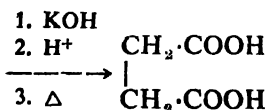
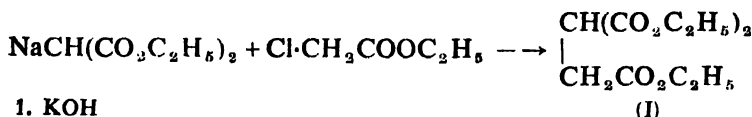
$$\begin{array}{l} CH_2Br \\ | \\ CH_2Br \end{array} \xrightarrow{KCN} \begin{array}{l} CH_2\cdot CN \\ | \\ CH_2\cdot CN \end{array} \xrightarrow{H_2O} \begin{array}{l} CH_2\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{array}$$

(I)

(2) মনো-সোডিয়াম ম্যালোনেটের সঙ্গে ইথাইল ক্লোরো অ্যাসিটেটের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগ (I)-কে আর্দ্র বিশ্লেষণ, আম্লিক ও উত্তপ্ত করলে সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$NaCH(CO_2C_2H_5)_2 + Cl\cdot CH_2COOC_2H_5 \longrightarrow \begin{array}{l} CH(CO_2C_2H_5)_2 \\ | \\ CH_2CO_2C_2H_5 \end{array}$$

(I)

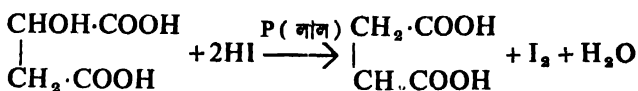
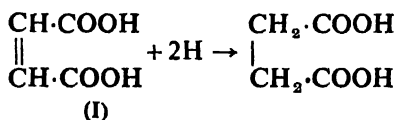
$$\xrightarrow[3.\ \Delta]{1.\ KOH,\ 2.\ H^+} \begin{array}{l} CH_2\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{array}$$

মনো-সোডিয়াম ম্যালোনেটের সঙ্গে আয়োডিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগকে আর্দ্র বিশ্লেষণ, আম্লিক ও উত্তপ্ত করেও সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

3. ম্যালিক অ্যাসিডকে হাইড্রোআয়োডিক ও লাল ফসফরাসের সঙ্গে সীল টিউবে উত্তপ্ত করে বিজারিত করলে সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$\begin{array}{l} CHOH\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{array} + 2HI \xrightarrow{P(\text{লাল})} \begin{array}{l} CH_2\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{array} + I_2 + H_2O$$

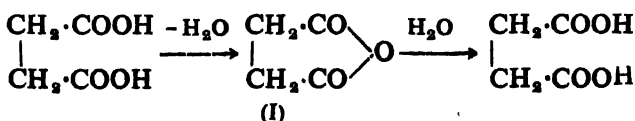
4. ম্যালেইক অ্যাসিডকে (I) বিজারিত করেও সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$\begin{array}{l} CH\cdot COOH \\ \| \\ CH\cdot COOH \end{array} + 2H \rightarrow \begin{array}{l} CH_2\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{array}$$

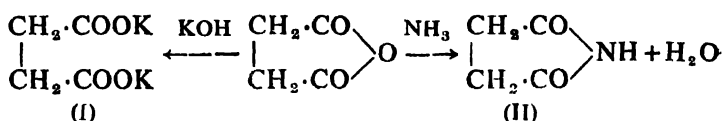
(I)

ধর্ম : সাকসিনিক অ্যাসিড বর্ণহীন কেলাসাকার পদার্থ। জলে, কোহলে মোটামুটি দ্রাব্য। গলনাঙ্ক 180°C। অত্যন্ত বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় বলে মাত্রিক বিশ্লেষণে ক্ষার দ্রবণকে টাইট্রেশান করতে প্রয়োজন হয়।

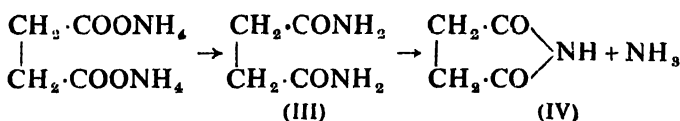
বিক্রিয়াসমূহ : (1) এককভাবে বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অন্তরতর (inner) অ্যানহাইড্রাইড সাকসিনিক অ্যানহাইড্রাইড (I) উৎপন্ন হয়। যাকে জলের সঙ্গে ফোটালে পুনরায় সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

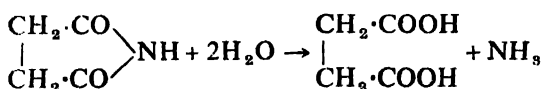
$$\begin{array}{l} CH_2\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{array} \xrightarrow{-H_2O} \begin{array}{l} CH_2\cdot CO \\ | \\ CH_2\cdot CO \end{array}\!\!>O \xrightarrow{H_2O} \begin{array}{l} CH_2\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{array}$$

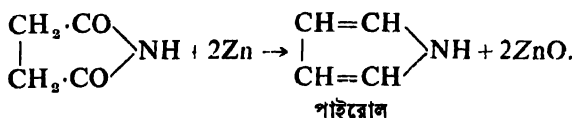
(I)

(2) সাকসিনিক অ্যানহাইড্রাইড সাদা রঙের কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 119°C।

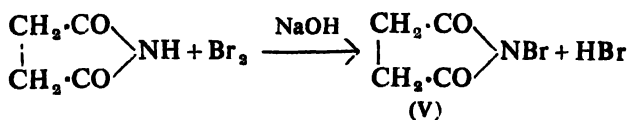
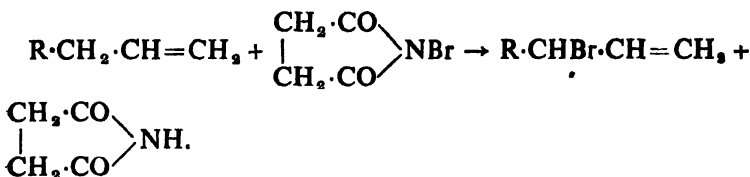
কস্টিক পটাশের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সাকসিনিক অ্যানহাইড্রাইড পটাসিয়াম সাকসিনিক (I) উৎপন্ন করে এবং অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় সাকসিনিমাইড (II) উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{(I)}}{\begin{matrix} CH_2\cdot COOK \\ | \\ CH_2\cdot COOK \end{matrix}} \xleftarrow{KOH} \begin{matrix} CH_2\cdot CO \\ | \\ CH_2\cdot CO \end{matrix}\Big> O \xrightarrow{NH_3} \underset{\text{(II)}}{\begin{matrix} CH_2\cdot CO \\ | \\ CH_2\cdot CO \end{matrix}\Big> NH} + H_2O$$

অ্যামোনিয়াম সাকসিনেটকে উত্তপ্ত করলে প্রথমে সাকসিনামাইড (III) এবং পরে সাকসিনামাইড (III)-কে উত্তপ্ত করলে সাকসিনিমাইড (IV) পাওয়া যায়।

$$\begin{matrix} CH_2\cdot COONH_4 \\ | \\ CH_2\cdot COONH_4 \end{matrix} \rightarrow \underset{\text{(III)}}{\begin{matrix} CH_2\cdot CONH_2 \\ | \\ CH_2\cdot CONH_2 \end{matrix}} \rightarrow \underset{\text{(IV)}}{\begin{matrix} CH_2\cdot CO \\ | \\ CH_2\cdot CO \end{matrix}\Big> NH} + NH_3$$

সাকসিনিমাইড সাদা রঙের কেলাসাকার কঠিন। গলনাঙ্ক 125°C। জলে দ্রাব্য এবং জলের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে সাকসিনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

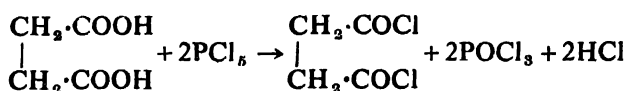
$$\begin{matrix} CH_2\cdot CO \\ | \\ CH_2\cdot CO \end{matrix}\Big> NH + 2H_2O \rightarrow \begin{matrix} CH_2\cdot COOH \\ | \\ CH_2\cdot COOH \end{matrix} + NH_3$$

সাকসিনিমাইডকে জিংক গুড়োর সঙ্গে উত্তপ্ত করলে পাইরোল (Pyrrole) পাওয়া যায়।

$$\begin{matrix} CH_2\cdot CO \\ | \\ CH_2\cdot CO \end{matrix}\Big> NH + 2Zn \rightarrow \underset{\text{পাইরোল}}{\begin{matrix} CH{=}CH \\ | \\ CH{=}CH \end{matrix}\Big> NH} + 2ZnO.$$

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে এবং 0°C-এ সাকসিনিমাইড ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় N-ব্রোমো সাকসিনিমাইড (V) উৎপন্ন করে।

$$\begin{matrix} CH_2\cdot CO \\ | \\ CH_2\cdot CO \end{matrix}\Big> NH + Br_2 \xrightarrow{NaOH} \underset{\text{(V)}}{\begin{matrix} CH_2\cdot CO \\ | \\ CH_2\cdot CO \end{matrix}\Big> NBr} + HBr$$

N-ব্রোমো সাকসিনিমাইড অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ যৌগ এবং অলিফিন যৌগের অ্যালাইল অবস্থানের হাইড্রোজেনকে ব্রোমিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। এই বিক্রিয়ায় অসম্পৃক্ততা অক্ষুণ্ণ থাকে।

$$R\cdot CH_2\cdot CH=CH_2+\begin{matrix}CH_2\cdot CO\\|\\CH_2\cdot CO\end{matrix}\Big\rangle NBr\rightarrow R\cdot CHBr\cdot CH=CH_2+$$

$$\begin{matrix}CH_2\cdot CO\\|\\CH_2\cdot CO\end{matrix}\Big\rangle NH.$$

2. ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে সাকসিনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সাকসিনাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$\begin{matrix}CH_2\cdot COOH\\|\\CH_2\cdot COOH\end{matrix}+2PCl_5\rightarrow\begin{matrix}CH_2\cdot COCl\\|\\CH_2\cdot COCl\end{matrix}+2POCl_3+2HCl$$

সনাক্তকরণ : (1) সাকসিনিক অ্যাসিডের প্রশম দ্রবণে (সাকসিনেট) ফেরিক ক্লোরাইড যোগ করলে লালচে বর্ণের আঠালো অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

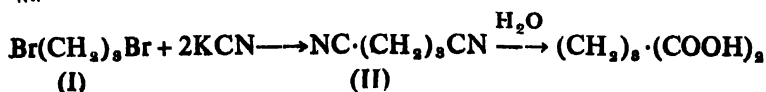
(2) সাকসিনেটের প্রশম দ্রবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করলে শীতল অবস্থায় কোন অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না, কিন্তু দ্রবণটিকে ফোটালে সাদা রঙের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়, এই অধঃক্ষেপটি অ্যাসিটিক অ্যাসিডে দ্রাব্য।

(3) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে সাকসিনিক অ্যাসিডকে (কঠিন) রিসরসিনল (Resorcinol) কেলাস সহযোগে উত্তপ্ত করে গলিয়ে ফেলে জলে ঢালা হয় এবং কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগে ক্ষারীয় করলে দ্রবণের বর্ণ গাঢ় কমলা বর্ণ হয় এবং এতে সবুজ ফ্লোরেসেন্স (Fluoresence) দেখা যায়।

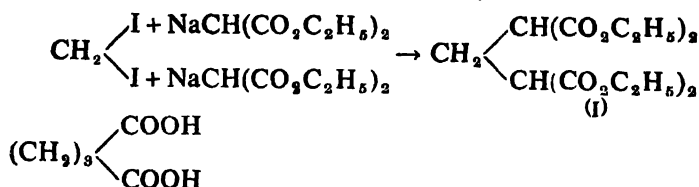
ব্যবহার : রজন ও রঞ্জন শিল্পে সাকসিনিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় এবং মাত্রিক বিশ্লেষণে ক্ষার দ্রবণকে টাইট্রেশানে লাগে। এছাড়া সাকসিনামাইড, সাকসিনিক অ্যানহাইড্রাইড N-ব্রোমো সাকসিনাম্যাইড ইত্যাদি প্রস্তুতিতে সাকসিনিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

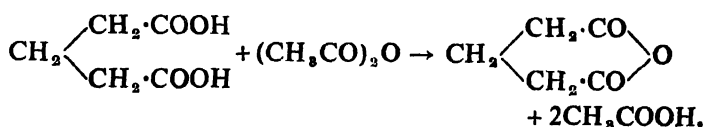
গ্লুটারিক অ্যাসিড, প্রোপেন 1 : 3 ডাই-কার্বক্সিল অ্যাসিড $HOOC\cdot(CH_2)_3\cdot COOH$: গ্লুটামিক (Glutamic) এবং টারটারিক অ্যাসিড থেকে এই অ্যাসিডের নামকরণ হয়েছে।

প্রস্তুতি : (1) ট্রাইমেথিলিন ডাই-ব্রোমাইডের (I) সঙ্গে পটাসিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন নাইট্রোজেনকে (II) আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে গ্লুটারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$\underset{(I)}{Br(CH_2)_3Br}+2KCN\longrightarrow\underset{(II)}{NC\cdot(CH_2)_3CN}\xrightarrow{H_2O}(CH_2)_3\cdot(COOH)_2$$

2. মনোসোডিয়োম্যালোনেটের সঙ্গে মিথিলিন আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগকে (I) আর্দ্র বিশ্লেষণ, আম্লিক ও উত্তপ্ত করলে গ্লুটারিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_2\begin{cases} I + NaCH(CO_2C_2H_5)_2 \\ I + NaCH(CO_2C_2H_5)_2 \end{cases} \rightarrow CH_2\begin{cases} CH(CO_2C_2H_5)_2 \\ CH(CO_2C_2H_5)_2 \end{cases} \text{(I)}$$

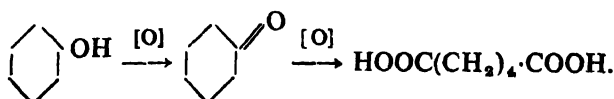
$$(CH_2)_3\begin{cases} COOH \\ COOH \end{cases}$$

গ্লুটারিক অ্যাসিড কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 97°C। অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে গ্লুটারিক অ্যানহাইড্রাইড পাওয়া যায়।

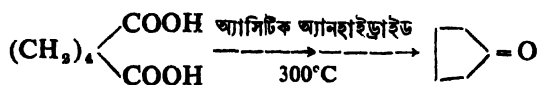
$$CH_2\begin{cases} CH_2\cdot COOH \\ CH_2\cdot COOH \end{cases} + (CH_3CO)_2O \rightarrow CH_2\begin{cases} CH_2\cdot CO \\ CH_2\cdot CO \end{cases}O + 2CH_3COOH.$$

অ্যাডিপিক অ্যাসিড, হেক্সেন ডাইওয়িক অ্যাসিড

$(CH_2)_4 \cdot (COOH)_2$ ঃ চর্বিকে জারিত করে প্রথম এই অ্যাসিডটি প্রস্তুত করা হয়। চর্বির ল্যাটিন শব্দ Adeps থেকে এই অ্যাসিডটি নামকরণ করা হয় অ্যাডিপিক অ্যাসিড।

প্রস্তুতি ঃ (1) ম্যালোনিক এস্টার থেকে প্রস্তুত করা যায়। (আগে বলা আছে)

(2) ভ্যানাডিয়াম পেন্টঅক্সাইডের উপস্থিতিতে সাইক্লোহেক্সানল বা সাইক্লো-হেক্সানোনকে নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে এই অ্যাসিড প্রচুর পরিমাণে প্রস্তুত করা হয়

$$C_6H_{11}OH \xrightarrow{[O]} C_6H_{10}{=}O \xrightarrow{[O]} HOOC(CH_2)_4\cdot COOH.$$

অ্যাডিপিক অ্যাসিড সাদা রঙের কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 150°C। অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রের সঙ্গে বিক্রিয়ায় চক্রাকার অ্যানহাইড্রাইড (অন্তরতর) দেয় না, পক্ষান্তরে চক্রাকার কিটোন উৎপন্ন করে।

$$(CH_2)_4\begin{cases} COOH \\ COOH \end{cases} \xrightarrow[300^\circ C]{\text{অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড}} C_5H_8{=}O$$

অ্যাডিপিক অ্যাসিড নাইলন, পলিএস্টার এবং জৈবযৌগ সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলী

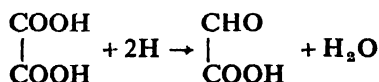
1. অকজালিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? অকজালিক অ্যাসিডের পরীক্ষা কি? নিম্নলিখিত বিক্রিয়কের সঙ্গে অকজালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কি পদার্থ উৎপন্ন হবে? শর্ত ও সমীকরণ সহ আলোচনা কর। (i) H_2SO_4 (ii) $KMnO_4/H_2SO_4$ (iii) গ্লিসারল (iv) C_2H_5OH.
2. অকজালিক অ্যাসিডের গঠন নিরূপণ কর। কি কাজে এই অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়?
3. সংশ্লেষণ কর—(i) ম্যালোনিক অ্যাসিড (ii) সাকসিনিক অ্যাসিড (iii) ডাই-ইথাইল ম্যালোনেট (iv) সাকসিনামাইড (v) সাকসিনিক অ্যানহাইড্রাইড (vi) গ্লুটারিক অ্যাসিড (vii) অ্যাডিপিক অ্যাসিড।
4. ডাই-ইথাইল ম্যালোনেটের সংশ্লেষণে ব্যবহার সম্বন্ধে সংক্ষেপে লেখ।
5. ইথাইল ম্যালোনেট থেকে কিভাবে নিম্নলিখিত যৌগ সংশ্লেষণ করা যায় (i) প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড (ii) সাকসিনিক অ্যাসিড (iii) অ্যাডিপিক অ্যাসিড (iv) আইসো বিউটিরিক অ্যাসিড (v) বারবিটিউরিক অ্যাসিড?
6. সাকসিনিক অ্যাসিডকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়? কি কি কাজে এই অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়?

১৮

অ্যালডিহাইডিক এবং কিটোনিক অ্যাসিড সমূহ এবং টটোমেরিজম্

Aldehydic & Ketonic Acids & Tautomerism

গ্লাইঅকজাইলিক অ্যাসিড, গ্লাইঅকজালিক অ্যাসিড (Glyoxylic acid, Glyoxalic acid) CHO·COOH : অকজালিক অ্যাসিডকে তড়িৎ বিশ্লেষণে বা ম্যাগনেশিয়াম ও লঘু অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করে গ্লাইঅকজালিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। সরলতম অ্যালডিহাইডিক অ্যাসিড। কাঁচা ফলে এবং জীবকলায় (tissue) পাওয়া যায়।

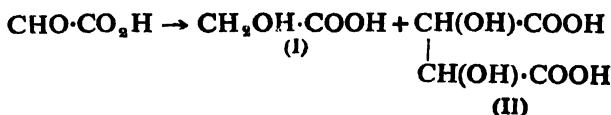
$$\begin{array}{c}COOH\\|\\COOH\end{array} + 2H \rightarrow \begin{array}{c}CHO\\|\\COOH\end{array} + H_2O$$

অনার্দ্র গ্লাইঅকজালিক অ্যাসিড সিরাপের ন্যায় তরল। জলীয় দ্রবণ থেকে গ্লাইঅকজালিক অ্যাসিডকে কেলাসিত করা যায় এবং কেলাসিত অ্যাসিডে এক অণু জল থাকে, যা অ্যাসিডটির গঠন পরিবর্তন করে [$(HO)_2CHCOOH$, ডাই-হাইড্রক্সিল অ্যাসিটিক অ্যাসিড]।

অ্যালডিহাইড ও কার্বক্সিল মূলকের সবরকম বিক্রিয়া গ্লাইঅকজালিক অ্যাসিড দেয়।

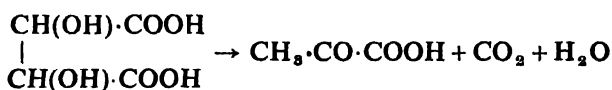
কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে গ্লাইঅকজালিক অ্যাসিড বিক্রিয়ায় গ্লাইকোলিক অ্যাসিড ও অকজালিক অ্যাসিড দেয়। (ক্যানিজারো বিক্রিয়া)

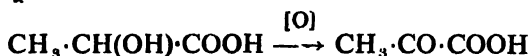
$$CHO{\cdot}CO_2H \xrightarrow{NaOH} CH_2OH{\cdot}CO_2Na + (CO_2Na)_2$$

গ্লাইঅকজালিক অ্যাসিডকে বিজারিত করলে (ধাতু / অ্যাসিড) গ্লাইকোলিক অ্যাসিড (I) ও টারটারিক অ্যাসিড (II) উৎপন্ন করে।

$$CHO{\cdot}CO_2H \rightarrow \underset{(I)}{CH_2OH{\cdot}COOH} + \underset{(II)}{\begin{array}{l}CH(OH){\cdot}COOH\\|\\CH(OH){\cdot}COOH\end{array}}$$

পাইরুভিক অ্যাসিড, অ্যাসিটাইল ফরমিক অ্যাসিড (Pyruvic acid, Acetyl formic acid) $CH_3 \cdot CO \cdot COOH$ **:** সরলতম কিটো অ্যাসিড। কিটো মূলকটি কার্বক্সিল মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে ৫ স্থানে আছে বলে এই অ্যাসিডটিকে ৫-কিটো অ্যাসিড বলে।

প্রস্তুতি : টারটারিক অ্যাসিডকে এককভাবে বা পটাশিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট দিয়ে পাতিত করলে পাইরুভিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

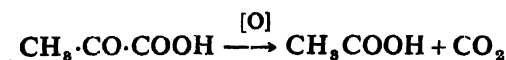
$$\begin{array}{l} CH(OH) \cdot COOH \\ | \\ CH(OH) \cdot COOH \end{array} \rightarrow CH_3 \cdot CO \cdot COOH + CO_2 + H_2O$$

(2) ল্যাকটিক অ্যাসিডকে ফেনটন বিকারক দিয়ে জারিত করে পাইরুভিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

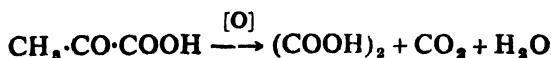
$$CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH \xrightarrow{[O]} CH_3 \cdot CO \cdot COOH$$

(3) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে পটাশিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যাসিটাইল সায়ানাইডকে আদ্র বিশ্লেষণ করলে পাইরুভিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3 \cdot COCl \xrightarrow{KCN} CH_3 \cdot COCN \xrightarrow[HCl]{H_2O} CH_3 \cdot CO \cdot COOH$$

পাইরুভিক অ্যাসিড অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মত গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 165°C। জল, কোহল এবং ইথারে যে কোন অনুপাতে দ্রাব্য। কিটো এবং কার্বক্সিল উভয় মূলকের বিক্রিয়া পাইরুভিক অ্যাসিড দেয়।

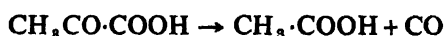
বিক্রিয়া : (1) পাইরুভিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিড দেয়।

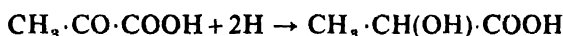
$$CH_3 \cdot CO \cdot COOH \xrightarrow{[O]} CH_3COOH + CO_2$$

(2) পাইরুভিক অ্যাসিডকে নাইট্রিক অ্যাসিড জারিত করে অকজালিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

$$CH_3 \cdot CO \cdot COOH \xrightarrow{[O]} (COOH)_2 + CO_2 + H_2O$$

(3) পাইরুভিক অ্যাসিডকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে কার্বক্সিল মূলক থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়ে অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়।

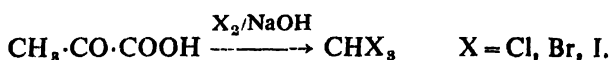
$$CH_3 \cdot CO \cdot COOH \rightarrow CH_3CHO + CO_2$$

(4) কিন্তু ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে কার্বন মনোক্সাইড নির্গত হয়ে পাইরুভিক অ্যাসিড অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$CH_3CO{\cdot}COOH \rightarrow CH_3{\cdot}COOH + CO$$

(5) পাইরুভিক অ্যাসিডকে সোডিয়াম পারদ সংকর দিয়ে বিজারিত করলে ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}COOH + 2H \rightarrow CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}COOH$$

(6) কিটোন মূলক থাকায় পাইরুভিক অ্যাসিড অক্সিম, ফিনাইল হাইড্রাজোন জাতক উৎপন্ন করে।

(7) কস্টিক ক্ষারের উপস্থিতিতে পাইরুভিক অ্যাসিড হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হ্যালোফর্ম উৎপন্ন করে।

$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}COOH \xrightarrow{X_2/NaOH} CHX_3 \qquad X = Cl, Br, I.$$

ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট বা অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টার

(Ethyl acetoacetate, Acetoacetic Ester) $CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_2{\cdot}CO_2C_2H_5$: সরলতম β কিটো এস্টার (এস্টার মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে)। অ্যাসিটো-অ্যাসিটিক এস্টারটি স্থায়ী যৌগ হলেও মুক্ত অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক অ্যাসিডটি অস্থায়ী এবং সহজেই এটি ভেঙ্গে গিয়ে অ্যাসিটোন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড দেয়।

1863 খ্রীষ্টাব্দে ইথাইল অ্যাসিটেটের উপর ধাতব সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় গুথার (Geutter) প্রথম ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট প্রস্তুত করেন এবং এটির আণবিক সংকেত $CH_3{\cdot}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}{=}CH{\cdot}COOC_2H_5$ (β হাইড্রক্সি ক্রোটোনিক এস্টার) বলে অভিমত প্রকাশ করেন। ঐ একই বছর ফ্রাঙ্কল্যাণ্ড (Frankland) এবং ডুপ্পা (Duppa) সতন্ত্রভাবে ইথাইল অ্যাসিটেটের উপর ধাতব সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টার প্রস্তুত করেন এবং এটির সংকেত $CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_2COOC_2H_5$ (β কিটো বিউটিরিক এস্টার) বলে অভিমত প্রকাশ করেন। নিজের দেওয়া অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারের সংকেতের সমর্থনে প্রত্যেকের যথেষ্ট যুক্তি ছিল।

গুথারের দেওয়া সংকেতের সমর্থনে যুক্তি (অসম্পৃক্ত কোহল) **এনল** (Enol) **:** (1) অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টার সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া

করে হাইড্রোজেন মুক্ত হয় এবং এস্টারের সোডিয়াম জাতক উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় প্রমাণিত হয় যে, অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারে হাইড্রক্সি মূলক বর্তমান।

(2) অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারে ব্রোমিন যোগ করলে ব্রোমিনের রঙ তাড়াতাড়ি বিরঞ্জিত হয়। অতএব এই এস্টারে অসম্পৃক্ততা আছে।

(3) অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারে ফেরিক ক্লোরাইড যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ লালচে বেগুনী হয়। অতএব এই এস্টারে এনল $(-\overset{OH}{\overset{|}{C}}=C<)$ মূলক আছে।

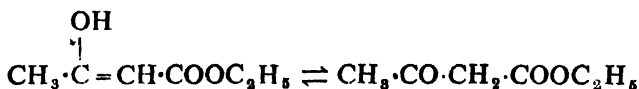
ফ্রাঙ্কল্যাণ্ড ও ডুপ্পার দেওয়া সংকেতের সমর্থনে যুক্তি (β কিটো যৌগ) : (1) অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সায়ানোহাইড্রিন উৎপন্ন করে।

(2) সোডিয়াম বাই-সালফাইটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টার বাই-সালফাইট যুত যৌগ উৎপন্ন করে।

(3) অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টার ফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফিনাইল হাইড্রাজোন উৎপন্ন করে।

এই তিনটি বিক্রিয়া প্রমাণ করে যে, অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট এস্টারে কিটোন মূলক আছে।

অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারের এই দু ধরনের গঠন অনেকদিন পর্যন্ত চলেছিল এবং অনেক ভাবনা চিন্তা করে 1910 খ্রীষ্টাব্দে রসায়নবিদরা বলেন যে, অ্যাসিটো-অ্যাসিটিক এস্টারের দুটি গঠনই সঠিক এবং এই দুটি গঠন বিশিষ্ট এস্টার তরল অবস্থায় বা দ্রবণে সাম্যাবস্থায় থাকে। এটি গতীয় সাম্যাবস্থার (Dynamic equillibrium) উদাহরণ।

$$CH_3\cdot\overset{OH}{\overset{|}{C}}=CH\cdot COOC_2H_5 \rightleftharpoons CH_3\cdot CO\cdot CH_2\cdot COOC_2H_5$$

এনল রূপ কিটো রূপ

এখন যদি এমন বিকারক যোগ করা যায় যা অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট এস্টারের কোন একটি রূপের বা গঠনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তাহলে বিক্রিয়ায় সেই রূপটি সাম্যাবস্থা থেকে দূর হয়ে যায়। ফলে সাম্যাবস্থা পুনরুদ্ধারের জন্য অন্য রূপটি এইরূপে পরিবর্তন হবে। এতে অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারটি একপ্রকার গঠনের ন্যায় আচরণ করে। যেমন অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারে সোডিয়াম যোগ করলে,

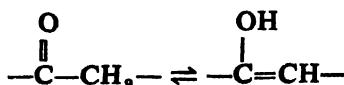
এই এস্টারের এনল গঠনটির সঙ্গে সোডিয়াম বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন মুক্ত করবে এবং এস্টারের সোডিয়ো জাতক উৎপন্ন হয়। এতে সাম্যাবস্থা থেকে এনল রূপটি দূর হয়ে যাবে বলে সাম্যাবস্থাটি বিনষ্ট হয়। সাম্যাবস্থাটি পুনরুদ্ধারের জন্য কিছু পরিমাণ কিটো রূপটি এনল রূপে পরিবর্তিত হবে এবং অতিরিক্ত সোডিয়ামের সঙ্গে পুনরায় বিক্রিয়া করবে। এইভাবে পুরো এস্টারটি এনলে পরিবর্তিত হয়ে সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। কিটোনিক বিকারক অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারে যোগ করলে এই একই ভাবে বিক্রিয়া করবে। ফলে মনে হয় যে, এস্টারটি শুধুমাত্র কিটোরূপে বর্তমান।

এই অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারটি এমন একটি যৌগ যা দুটি গঠনগত সমাবয়বের মত রাসায়নিক বিক্রিয়া দেয়। ঐ দুই সমাবয়ব গঠন সাম্যাবস্থায় থাকে এবং সাম্যাবস্থাটি বিনষ্ট হলে উপস্থিত কোন একটি সমাবয়ব অপর সমাবয়বে পরিবর্তিত হয়ে সাম্যাবস্থাটি পুনরুদ্ধার করে।

এটি গতীয় সমাবয়বতার (Dynamic isomerism) একটি উদাহরণ, যাকে টটোমেরিজম (Tautomerism) বলে। প্রত্যেকটি সমাবয়বকে টটোমার (Tautomer) বা টটোমেরাইড (Tautomeride) বলে। অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারের দুটি টটোমার আছে—একটি এনল রূপ অপরটি কিটো রূপ।

1911 খ্রীষ্টাব্দে নর (Knor) অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারের দুটি রূপকে পৃথক করেন। অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট এস্টারকে $-78°C$-এ শীতল করে তিনি একপ্রকার কেলাসাকার পদার্থ পান যার গলনাঙ্ক $-39°C$। এটি ব্রোমিনকে বিরঞ্জিত করতে পারে না বা ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। অতএব এটি কিটো রূপ। তিনি অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারের সোডিয়ো জাতককে $-78°C$-এ শীতল করে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দিয়ে বিক্রিয়ায় যে এস্টার পান, সেটিতে ফেরিক ক্লোরাইড যোগ করলে লালচে বেগুনী বর্ণ হয় এবং এই এস্টারটিকে কেলাসিত করা যায় না। অতএব এটি এনল রূপ।

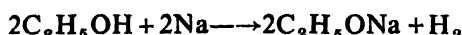
অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারের এই কিটো এনল টটোমেরিজম, তাতে একটি α-হাইড্রোজেন পরমাণু (কার্বনিল মূলকের পরিপ্রেক্ষিতে α-কার্বনে যুক্ত) কিটো মূলকের অক্সিজেন পরমাণুতে যুক্ত হয় এবং আবার পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে।

$$-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-CH_2- \rightleftharpoons -\overset{\overset{\large OH}{|}}{C}=CH-$$

টটোমেরিজম ও সংস্পন্দনশীলতার মধ্যে পার্থক্য: একই বস্তুর দুই বা দুইয়ের বেশি বিভিন্ন গঠনের (যাতে বিভিন্ন প্রকার ক্রিয়াশীল মূলক থাকে) অণুর মধ্যে গতীয় সাম্যাবস্থা থাকলে তাকে টটোমেরিজম বলে। আর যে পদার্থের ইলেকট্রন বণ্টনের পার্থক্যের জন্য উদ্ভূত বিভিন্ন গঠনের অণুগুলির (অভিন্ন মূলক বা কাঠামো বিশিষ্ট) মধ্যে সাম্যাবস্থায় থাকলে তাকে সংস্পন্দনশীলতা বলে।

প্রস্তুতি: ক্লেজেন সংঘনন (Claisen condensation) পদ্ধতি দিয়ে দুই অণু ইথাইল এস্টারের মধ্যে বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়। এই সংঘনন বিক্রিয়াটি সোডিয়াম ইথক্সাইড দ্বারা সম্পাদিত হয় বলে বিশ্বাস করা হয়।

ইথানল মুক্ত অতি বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটেটের মধ্যে সোডিয়াম যোগ করলে বিক্রিয়া তেমন কিছুই হয় না। কিন্তু এই মিশ্রণে অল্প পরিমাণে ইথানল যোগ করলে বিক্রিয়াটি অতি দ্রুত সম্পাদিত হয়। অতএব সংঘনন বিক্রিয়াটি সোডিয়াম ইথক্সাইড দ্বারা সম্পাদিত হয়।

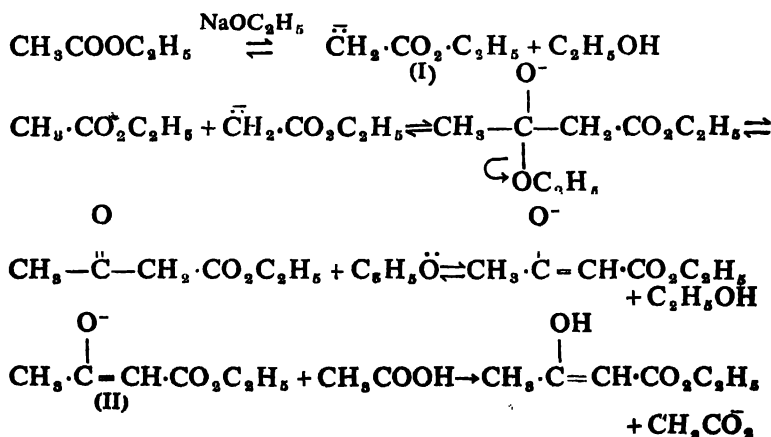
ইথাইল অ্যাসিটেটের মধ্যে উপস্থিত ইথানল ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ইথাক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন মুক্ত হয়।

$$2C_2H_5OH + 2Na \longrightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$$

সোডিয়াম ইথক্সাইড ইথাইল অ্যাসিটেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বানিয়ন (I) উৎপন্ন করে। পরে যা অতিরিক্ত ইথাইল অ্যাসিটেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটো-অ্যাসিটেটের সোডিয়াম জাতক (II) উৎপন্ন করে। এই সোডিয়াম জাতককে অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্বারা আম্লিক করলে ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়।

$$CH_3COOC_2H_5 \overset{NaOC_2H_5}{\rightleftharpoons} \underset{(I)}{\bar{C}H_2\cdot CO_2}\cdot C_2H_5 + C_2H_5OH$$

$$CH_3\cdot CO_2C_2H_5 + \bar{C}H_2\cdot CO_2C_2H_5 \rightleftharpoons CH_3-\overset{O^-}{\underset{OC_2H_5}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_2\cdot CO_2C_2H_5 \rightleftharpoons$$

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_2\cdot CO_2C_2H_5 + C_2H_5\ddot{O} \rightleftharpoons CH_3\cdot\overset{O^-}{\overset{|}{C}}=CH\cdot CO_2C_2H_5 + C_2H_5OH$$

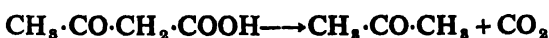
$$\underset{(II)}{CH_3\cdot\overset{O^-}{\overset{|}{C}}=CH\cdot CO_2C_2H_5} + CH_3COOH \rightarrow CH_3\cdot\overset{OH}{\overset{|}{C}}=CH\cdot CO_2C_2H_5 + CH_3CO_2^-$$

দুই অণু ∝-হাইড্রোজেন সম্বলিত এস্টারের মধ্যে এইরূপ সংঘননকে ক্লেজেন সংঘনন বলে। ∝-হাইড্রোজেন সম্বলিত দুটি বিভিন্ন প্রকার এস্টারের মধ্যেও এইরূপ সংঘনন হতে পারে। সংঘনন করতে ক্ষার জাতীয় প্রভাবক প্রয়োজন, যেমন সোডিয়াম ইথক্সাইড, সোডামাইড ইত্যাদি। দুই অণু এস্টারের (অভিন্ন বা বিভিন্ন) মধ্যে এইরূপ সংঘননে β কিটো এস্টার উৎপন্ন হয়।

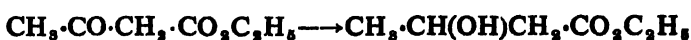
প্রস্তুতি : গোলতল ফ্লাস্কে ইথাইল অ্যাসিটেট (100 g) নেওয়া হয়। এতে সদ্যকাটা সোডিয়াম (10 g) টুকরো টুকরো করে যোগ করা হয়। ফ্লাস্কের মুখে লিবিগ শীতক লাগিয়ে ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করা হয়। প্রথম অবস্থায় সোডিয়াম ধীরে ধীরে এস্টারের সঙ্গে বিক্রিয়া করলে ও কিছুক্ষণের মধ্যে প্রবলভাবে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটো-অ্যাসিটেট এস্টারের সোডিয়াম জাতক উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া শ্লথ হয়ে এলে জল-গাহের উপর ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করে অবিকৃত ধাতব সোডিয়াম কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ইথক্সাইডে পরিণত হয়ে বিনষ্ট হয়। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করে শীতকটিকে খুলে ফেলা হয় এবং অতিরিক্ত অ্যাসিটিক অ্যাসিড যোগ করে ফ্লাস্কটিকে ঝাঁকানো হয়। এখন ফ্লাস্কের মধ্যের জিনিসকে লবণ জলে ঢালা হয়। এতে অ্যাসিটো-অ্যাসিটিক এস্টার ও ইথাইল অ্যাসিটেট জলের উপর ভেসে উঠবে। যাকে বিচ্ছেদক ফানেলের সাহায্যে পৃথক করে আংশিক পাতন করে ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেটকে বিশুদ্ধ করা হয়। 175°-181°C-এর মধ্যে যে পাতিত বস্তু আসে তা বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট।

ধর্ম

ভৌত ধর্ম : অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট এস্টার বর্ণহীন সুন্দর গন্ধযুক্ত প্রশম তরল। জলে অল্প দ্রাব্য, কিন্তু জৈব দ্রাবকে সহজে দ্রবীভূত হয়। স্ফুটনাঙ্ক 181°C।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারকে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে আম্লিক করলে অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। সেটি সহজে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যাসিটোনে বিশ্লিষ্ট হয়ে পড়ে।

$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_2{\cdot}COOH \longrightarrow CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + CO_2$$

(2) অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারকে সোডিয়াম পারদ সংকর দিয়ে বিজারিত করলে β-হাইড্রক্সি বিউটিরিক অ্যাসিডের এস্টার পাওয়া যায়।

$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_2{\cdot}CO_2C_2H_5 \longrightarrow CH_3{\cdot}CH(OH)CH_2{\cdot}CO_2C_2H_5$$

সাংশ্লেষিক প্রয়োগ : সাংশ্লেষিক প্রয়োগে অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টার থেকে সাধারণত কিটোন ও কার্বক্সিল অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। ইলেকট্রন আকর্ষী

কার্বেথক্সি ($CO_2C_2H_5$) এবং কার্বনিল মূলক মেথিলিন মূলকে যুক্ত থাকায় এই অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারের মেথিলিন মূলকের হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি অধিক সক্রিয় হয় এবং প্রবল তড়িৎ ধনাত্মক ধাতু সোডিয়াম বা পটাশিয়াম দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা যায়।

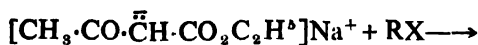
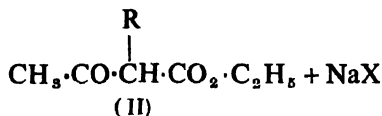
(1) অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারের সঙ্গে সোডিয়াম ইথক্সাইডের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম জাতক উৎপন্ন হয়।

$$CH_3CO{\cdot}CH_2{\cdot}CO_2C_2H_5 + C_2H_5ONa \longrightarrow$$

$$[CH_3{\cdot}CO{\cdot}\bar{C}H{\cdot}CO_2C_2H_5]\ Na^+ + C_2H_5OH$$

(2) ইথাইল সোডিয়ো অ্যাসিটোঅ্যাসিটেটের (I) সঙ্গে অ্যালকাইল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট (II) উৎপন্ন হয়।

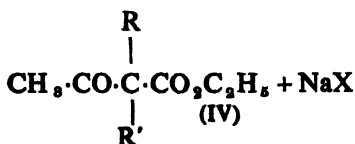
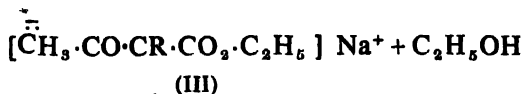
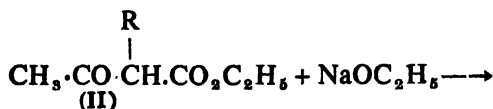
$$\underset{\text{(I)}}{[CH_3{\cdot}CO{\cdot}\ddot{\bar{C}}H{\cdot}CO_2C_2H^5]Na^+} + RX \longrightarrow$$

$$\underset{\text{(II)}}{CH_3{\cdot}CO{\cdot}\overset{\overset{\displaystyle R}{|}}{C}H{\cdot}CO_2{\cdot}C_2H_5} + NaX$$

(3) অ্যালকাইল ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট পুনরায় সোডিয়াম ইথক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকাইল ইথাইল সোডিয়ো অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট (III) (সোডিয়াম জাতক) উৎপন্ন করে। পরে যা অ্যালকাইল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যালকাইল ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট (IV) উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{(II)}}{CH_3{\cdot}CO{\cdot}\overset{\overset{\displaystyle R}{|}}{C}H.CO_2C_2H_5} + NaOC_2H_5 \longrightarrow$$

$$\underset{\text{(III)}}{[\ddot{\bar{C}}H_3{\cdot}CO{\cdot}CR{\cdot}CO_2{\cdot}C_2H_5\ ]}\ Na^+ + C_2H_5OH$$

$$[\bar{\ddot{C}}H_3{\cdot}CO{\cdot}CR{\cdot}CO_2C_2H_5]Na^+ + R'X \longrightarrow$$

$$\underset{\text{(IV)}}{CH_3{\cdot}CO{\cdot}\overset{\overset{\displaystyle R}{|}}{\underset{\underset{\displaystyle R'}{|}}{C}}{\cdot}CO_2C_2H_5} + NaX$$

(4) পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইড দিয়ে অ্যাসিটোঅ্যাসিটিক এস্টারের অ্যালকাইল জাতকগুলিকে (II এবং IV) দুভাবে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে দুধরনের যৌগ প্রস্তুত করা যায়। কস্টিক পটাশের জলীয় বা লঘু ইথানল দ্রবণ দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে মুখ্য উৎপন্ন বস্তু হয় কিটোন। তাই এই আর্দ্র বিশ্লেষণকে কিটোনিক আর্দ্র বিশ্লেষণ (Ketonic hydrolysis) বলে। আর কস্টিক পটাশের ঘন ইথানল দ্রবণ দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে মুখ্য উৎপন্ন বস্তু হয় কার্বক্সিল অ্যাসিড, তাই এই আর্দ্র বিশ্লেষণকে অ্যাসিড আর্দ্র বিশ্লেষণ (Acid hydrolysis) বলে।

কিটোনিক আর্দ্র বিশ্লেষণ :

$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_2{\cdot}CO_2C_2H_5 + 2KOH \rightarrow CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + K_2CO_3 + C_2H_5OH.$$

$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}CHR{\cdot}CO_2C_2H_5 + 2KOH \rightarrow CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_2R + K_2CO_3 + C_2H_5OH.$$

$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}\underset{R'}{\overset{R}{C}}{\cdot}CO_2C_2H_5 + 2KOH \rightarrow CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH{<}^{R}_{R'} + K_2CO_3 + C_2H_5HO.$$

অ্যাসিড আর্দ্র বিশ্লেষণ :

$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_2{\cdot}CO_2C_2H_5 + 2KOH \rightarrow CH_3{\cdot}COOK + CH_3{\cdot}COOK + C_2H_5OH.$$

$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}CHR{\cdot}CO_2C_2H_5 + 2KOH \rightarrow CH_3{\cdot}COOK + R{\cdot}CH_2{\cdot}COOK + C_2H_5OH.$$

$$CH_3CO{\cdot}\underset{R'}{\overset{R}{C}}{\cdot}CO_2C_2H_5 + 2KOH \rightarrow CH_3{\cdot}COOK + {}^{R}_{R'}{>}CH{\cdot}CO_2K + C_2H_5OH.$$

বিউটানোন, মিথাইল ইথাইল কিটোন :

$$CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_2{\cdot}CO_2C_2H_5 \xrightarrow{NaOC_2H_5} [CH_3{\cdot}CO{\cdot}\bar{C}H{\cdot}CO_2C_2H_5]Na^+$$

$$\xrightarrow{CH_3I} \underset{\text{মিথাইল ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট}}{CH_3{\cdot}CO{\cdot}\overset{CH_3}{CH}{\cdot}CO_2C_2H_5} \xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{\text{কিটোনিক}} CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_2{\cdot}CH_3.$$

মিথাইল আইসোপ্রোপাইল কিটোন :

$$CH_3\cdot CO\cdot CH(CH_3)\cdot CO_2C_2H_5 \xrightarrow{NaOC_2H_5} [CH_3\cdot CO\cdot \bar{C}(CH_3)\cdot CO_2C_2H_5]Na^+$$

$$\xrightarrow{CH_3I} CH_3\cdot CO\cdot C(CH_3)_2\cdot CO_2C_2H_5 \xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{\text{কিটোনিক}} CH_3\cdot CO\cdot CH<^{CH_3}_{CH_3}$$

প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড :

$$CH_3\cdot CO\cdot CH(CH_3)CO_2C_2H_5 + 2KOH \xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{\text{অ্যাসিড}}$$

$$CH_3\cdot COOK + CH_3\cdot CH_2\cdot COOK + C_2H_5OH.$$

$$CH_3\cdot CH_2\cdot COOK + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড}}{CH_3\cdot CH_2\cdot COOH} + KHSO_4.$$

আইসোবিউটিরিক অ্যাসিড :

$$CH_3\cdot CO\cdot C(CH_3)_2\cdot CO_2C_2H_5 + 2KOH \xrightarrow[\text{বিশ্লেষণ}]{\text{অ্যাসিড আর্দ্র}} CH_3\cdot COOK$$

$$+ \ {}^{CH_3}_{CH_3}>CHCO_2K + C_2H_5OH$$

$$(CH_3)_2\cdot CH\cdot CO_2K + H_2SO_4 \longrightarrow (CH_3)_2\cdot CH\cdot COOH + KHSO_4.$$

দ্বিক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিড : সোডিয়ো ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেটের সঙ্গে ইথাইল ক্লোরোঅ্যাসিটেটের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বস্তুকে (I) অ্যাসিড আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে, সাকসিনিক অ্যাসিড (II) পাওয়া যায়। কিন্তু (I)-কে কিটোনিক আর্দ্র বিশ্লেষণ করলে লিভুলিনিক অ্যাসিড (Laevulinic acid) এস্টার (III) (γ কিটো অ্যাসিড) পাওয়া যায়।

$$[CH_3\cdot CO\cdot \bar{C}H\cdot CO_2C_2H_5]Na^+ \quad + \quad Cl\cdot CH_2CO_2C_2H_5$$

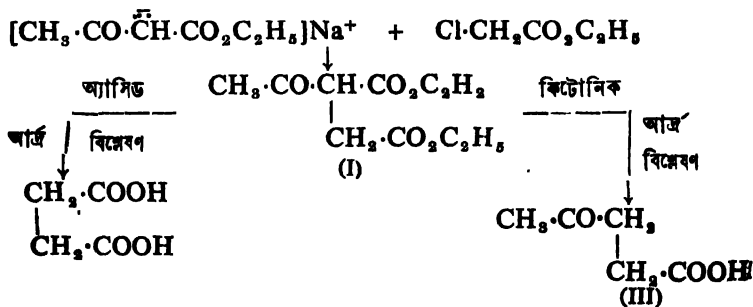
$$\downarrow$$

$$\underset{(I)}{CH_3\cdot CO\cdot CH(CH_2\cdot CO_2C_2H_5)\cdot CO_2C_2H_2}$$

অ্যাসিড আর্দ্র বিশ্লেষণ ↓

$$CH_2\cdot COOH \ | \ CH_2\cdot COOH$$

কিটোনিক আর্দ্র বিশ্লেষণ ↓

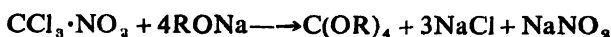
$$\underset{(III)}{CH_3\cdot CO\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot COOH}$$

প্রশ্নাবলী

1. সংশ্লেষণ কর: (i) গ্লাইঅকজালিক অ্যাসিড (ii) পাইরুভিক অ্যাসিড (iii) ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট।
2. 'ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটট যৌগটি কিটো ও এনল উভয় প্রকার যৌগের বিক্রিয়া দেখায়' কেন ?
3. টিকা লেখ: (i) টটোমেরিজম (ii) টটোমার (iii) গতীয় সমাবয়বতা (iv) অ্যাসিড আর্দ্র বিশ্লেষণ ও কিটোনিক আর্দ্র বিশ্লেষণ।
4. ইথাইল অ্যাসিটোঅ্যাসিটেট থেকে কিভাবে নিম্নলিখিত যৌগগুলি সংশ্লেষণ করা যায়: (i) বিউটিরিক অ্যাসিড (ii) আইসোবিউটিরিক অ্যাসিড (iii) সাকসিনিক অ্যাসিড (iv) আইসোপ্রোপাইল মিথাইল কিটোন। (v) লিভুনিক অ্যাসিড

১৯

কার্বনিক অ্যাসিড এবং তার জাতকসমূহ
Carbonic Acid & Its Derivatives

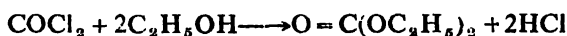
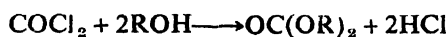
অর্থোকার্বনিক অ্যাসিড $C(OH)_4$: মুক্ত অবস্থায় অর্থোকার্বনিক অ্যাসিড জানা নেই। কিন্তু এই অ্যাসিডের এস্টার প্রস্তুত করা যায়। নাইট্রোক্লোরোফর্মের সঙ্গে সোডিয়াম অ্যালকক্সাইডের বিক্রিয়ায় অর্থোকার্বনিক অ্যাসিডের এস্টার প্রস্তুত করা হয়।

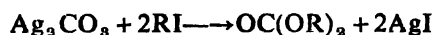
$$CCl_3{\cdot}NO_2 + 4RONa \longrightarrow C(OR)_4 + 3NaCl + NaNO_2$$

অর্থোকার্বনিক অ্যাসিডের অ্যালকাইল এস্টারগুলি ইথারের ন্যায় গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ।

কার্বনিক অ্যাসিড, মেটাকার্বনিক অ্যাসিড $O=C(OH)_2$) : মুক্ত অবস্থায় এই অ্যাসিডটিও জানা নেই। কিন্তু এই অ্যাসিডের লবণ, এস্টার, অ্যাসিড ক্লোরাইড অ্যামাইড প্রস্তুত করা যায় এবং যাদের নানান কাজে ব্যবহার করা হয়। মেটাকার্বনিক অ্যাসিড দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড।

(1) কার্বনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে কোহলের বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যালকাইল কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

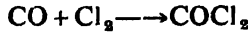
$$COCl_2 + 2ROH \longrightarrow OC(OR)_2 + 2HCl$$

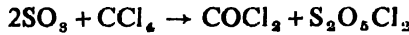
$$COCl_2 + 2C_2H_5OH \longrightarrow \underset{\text{ডাই-ইথাইল কার্বনেট}}{O=C(OC_2H_5)_2} + 2HCl$$

(2) সিল্ভার কার্বনেটের সঙ্গে অ্যালকাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যালকাইল কার্বনেট প্রস্তুত করা যায়

$$Ag_2CO_3 + 2RI \longrightarrow OC(OR)_2 + 2AgI$$

ডাই-অ্যালকাইল কার্বনেটগুলি ইথারের মত গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। জলে দ্রাব্য। নানা জৈব সংশ্লেষণে আজকাল ডাই-অ্যালকাইল কার্বনেট ব্যবহৃত হচ্ছে।

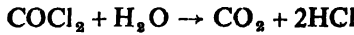
কার্বনিল ক্লোরাইড, ফসজেন (Phosgene) $COCl_2$: কার্বনিক অ্যাসিডের অ্যাসিড ক্লোরাইড হলো এই কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফসজেন।

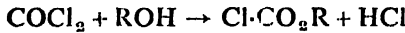
(1) 200°C-এ সক্রিয় কাঠকয়লার (Activated charcoal) উপস্থিতিতে ক্লোরিনের সঙ্গে কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়ায় কার্বনিল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$CO + Cl_2 \longrightarrow COCl_2$$

(2) 78°C-এ ওলিয়ামের (যাতে 45% SO_3 থাকে) সঙ্গে কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় ফসজেন ও পাইরোসালফিউরাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2SO_3 + CCl_4 \rightarrow COCl_2 + S_2O_5Cl_2$$

কার্বনিল ক্লোরাইড বর্ণহীন গ্যাস। স্ফুটনাঙ্ক 8°C। অত্যন্ত বিষাক্ত পদার্থ। অ্যাসিড ক্লোরাইডের সাধারণ বিক্রিয়াগুলি কার্বনিল ক্লোরাইড দেখায়। কিন্তু অন্যান্য অ্যাসিড ক্লোরাইডের থেকে কম সক্রিয়।

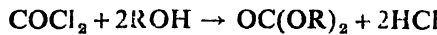
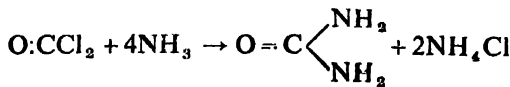
(i) জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধীরে ধীরে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$COCl_2 + H_2O \rightarrow CO_2 + 2HCl$$

(ii) শীতল অবস্থায় কার্বনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে কোহলের বিক্রিয়ার (1 : 1 অনুপাতে) ক্লোরোফরমিক এস্টার উৎপন্ন করে।

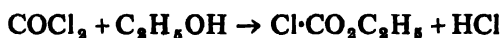
$$COCl_2 + ROH \rightarrow Cl{\cdot}CO_2R + HCl$$

(iii) পিরিডিনের উপস্থিতিতে কার্বনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে অতিরিক্ত কোহলের বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যালকাইল কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$COCl_2 + 2ROH \rightarrow OC(OR)_2 + 2HCl$$

(iv) কার্বনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় ইউরিয়া উৎপন্ন হয়।

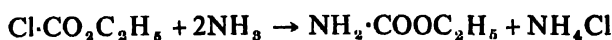
$$O{:}CCl_2 + 4NH_3 \rightarrow O{=}C\begin{matrix} \diagup NH_2 \\ \diagdown NH_2 \end{matrix} + 2NH_4Cl$$

রঞ্জন বস্তু ও ইউরিয়া প্রভৃতিতে কার্বনিল ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়। দ্বিতীয় মহাযুদ্ধের সময় জার্মানীরা যুদ্ধক্ষেত্রে কার্বনিল ক্লোরাইডকে বিষাক্ত গ্যাস হিসেবে ব্যবহার করে। নানা জৈব সংশ্লেষণেও কার্বনিল ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

ক্লোরোফরমিক অ্যাসিড $Cl{\cdot}CO_2H$: এই অ্যাসিডটি মুক্ত অবস্থায় জানা নেই, কিন্তু এই অ্যাসিডের এস্টার প্রস্তুত করা যায়। শীতল অবস্থায় কার্বনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে কোহলের বিক্রিয়ায় (1 : 1 অনুপাতে) ক্লোরোফরমিক এস্টার প্রস্তুত করা হয়।

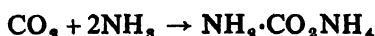
$$COCl_2 + C_2H_5OH \rightarrow Cl{\cdot}CO_2C_2H_5 + HCl$$

ইথাইল ক্লোরোফরমেট

ক্লোরোফরমিক এস্টার হলো অ্যাসিড ক্লোরাইড এস্টার ($ClC{\cdot}OR$, C-তে =O)। ক্লোরোফরমিক এস্টারের ক্লোরিন পরমাণুটি সক্রিয় হাইড্রোজেন পরমাণু বিশিষ্ট যৌগ, যেমন জল, কোহল, অ্যামোনিয়া ইত্যাদির সঙ্গে বিক্রিয়া করে বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে।

ইথাইল ক্লোরোফরমেট তরল পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক 94°C। অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল কার্বামেট [কার্বামিক (Carbamic) অ্যাসিডের ইথাইল এস্টার] উৎপন্ন হয়। যাকে ইউরেথেন (Urethan) বলে।

$$Cl{\cdot}CO_2C_2H_5 + 2NH_3 \rightarrow NH_2{\cdot}COOC_2H_5 + NH_4Cl$$

কার্বামিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না অর্থাৎ অজানা বস্তু। কিন্তু ইথাইল কার্বামেট সাদা রঙের কেলাসাকার পদার্থ। যা প্রশান্তিদায়ক ওষুধ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

কার্বামিক অ্যাসিড $NH_2{\cdot}CO_2H$: মুক্ত অবস্থায় এই অ্যাসিডটি পাওয়া যায় না। কিন্তু এই অ্যাসিডের লবণ ও এস্টার জানা আছে এবং প্রস্তুত করা যায়। যেমন অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিশুষ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম কার্বামেট উৎপন্ন করে। ইউরেথেন হলো কার্বামিক অ্যাসিডের এস্টার।

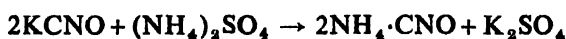
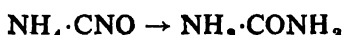
$$CO_2 + 2NH_3 \rightarrow NH_2{\cdot}CO_2NH_4$$

ইউরিয়া (Urea) $NH_2{\cdot}CO{\cdot}NH_2$: কার্বামিক অ্যাসিডের ডাই-অ্যামাইড হলো ইউরিয়া। 1828 খ্রীষ্টাব্দে ভোলার (Wohler) রসায়নাগারে ইউরিয়া প্রস্তুত করে জৈব যৌগ সংশ্লেষণের কাজে এক ইতিহাস সৃষ্টি করেন এবং জৈব যৌগ সংশ্লেষণের ক্ষেত্রে এত দিনের প্রচলিত 'প্রাণশক্তিতত্ত্ব' (Vital force theory)-এর মূলে কুঠারাঘাত করেন। কিন্তু 1779 খ্রীষ্টাব্দে রাউলি (Roulle) স্তন্যপায়ী প্রাণীর মূত্র (Urine) থেকে প্রথম এই যৌগটি আবিষ্কার করেন। জীবদেহের অভ্যন্তরে প্রোটিনের বিপাকীয় (Matabolic) পরিবর্তনের ফলে ইউরিয়া উৎপন্ন হয়, যা মূত্রের সঙ্গে দেহ থেকে বিনির্গত হয়। একটি পূর্ণবয়স্ক লোকের শরীর থেকে 30 গ্রাম ইউরিয়া প্রতিদিন মূত্রের সঙ্গে নির্গত হয়।

প্রস্তুতি : (1) ভোলার পদ্ধতি—পটাশিয়াম সায়ানেটের সঙ্গে অ্যামোনিয়াম সালফেটের বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায় (Double decomposition reaction) উৎপন্ন

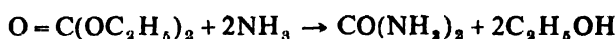
অ্যামোনিয়াম সায়ানেট পারমাণবিক পুনঃব্যবস্থাপনের (rearrangement) দ্বারা ইউরিয়া প্রস্তুত হয়।

$$2KCNO + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow 2NH_4 \cdot CNO + K_2SO_4$$

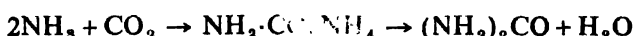
অ্যামোনিয়া সায়ানেট

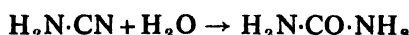
$$NH_4 \cdot CNO \rightarrow NH_2 \cdot CONH_2$$

(2) কার্বনিল ক্লোরাইড বা অ্যালকাইল কার্বনেটের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় ইউরিয়া প্রস্তুত করা যায়।

$$COCl_2 + 4NH_3 \rightarrow CO(NH_2)_2 + 2NH_4Cl$$

$$O = C(OC_2H_5)_2 + 2NH_3 \rightarrow CO(NH_2)_2 + 2C_2H_5OH$$

ডাই-ইথাইল কার্বনেট

(3) অল্প জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে (প্রভাবক) এবং 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অ্যামোনিয়ার সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে উত্তপ্ত করলে অন্তর্বর্তী যৌগ অ্যামোনিয়াম কার্বামেট (NH_2COONH_4) উৎপন্ন হয়, পরে সেটি ভেঙ্গে গিয়ে ইউরিয়া ও জল উৎপন্ন করে।

$$2NH_3 + CO_2 \rightarrow NH_2 \cdot COONH_4 \rightarrow (NH_2)_2CO + H_2O$$

(4) লঘু অ্যাসিড দিয়ে সায়ানাইডকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে প্রচুর পরিমাণে ইউরিয়া পাওয়া যায়।

$$H_2N \cdot CN + H_2O \rightarrow H_2N \cdot CO \cdot NH_2$$

(5) ক্যালসিয়াম সায়ানাইডকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করেও ইউরিয়া প্রস্তুত করা হতো।

$$CaNCN + H_2SO_4 + H_2O \rightarrow CaSO_4 + (NH_2)_2CO$$

ধর্ম

ভৌত ধর্ম : ইউরিয়া গন্ধবিহীন, সাদা কেলাসাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 132°C। জলে ও কোহলে দ্রাব্য, কিন্তু ইথারে অদ্রাব্য। ইউরিয়া লিটমাসে নিরপেক্ষ হলেও, এটি অতি মৃদু ক্ষারক।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) অ্যাসিড বা ক্ষার দিয়ে উত্তপ্ত করে ইউরিয়াকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করা যায়। ফুটন্ত জলেও ইউরিয়া আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।

$$(NH_2)_2CO + H_2O \rightarrow CO_2 + 2NH_3$$

বাতাসে উপস্থিত মাইক্রোকক্কাস ইউরিয়ে (Micrococcus ureae) নামে এক

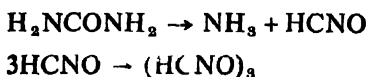
প্রকার জীবাণু ইউরিয়াকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করতে পারে। এই কারণে প্রস্রাব থেকে অ্যামোনিয়ার গন্ধ বার হয়। এছাড়া সয়াবীনে ইউরিয়ে (Ureae) নামক এক প্রকার উৎসেচক থাকে যা ইউরিয়াকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করতে পারে।

(2) উত্তপ্ত করলে ইউরিয়া প্রথমে গলে যায় এবং পরে 155°C-এ বিশ্লেষিত হয়ে অ্যামোনিয়া এবং বাই-ইউরেট উৎপন্ন করে। এই বাই-ইউরেট সহসা কঠিন হয়ে পড়ে।

$$NH_2CONH_2 + H_2NCONH_2 \rightarrow \underset{\text{বাই-ইউরেট}}{NH_2{\cdot}CO{\cdot}NH{\cdot}CO{\cdot}NH_2} + NH_3$$

ইউরিয়াকে খুব তাড়াতাড়ি উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া ও সায়ানিক অ্যাসিডে (HCNO) পরিণত হয়। সায়ানিক অ্যাসিড পরে বহুগুণীত হয়ে সায়ানুরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

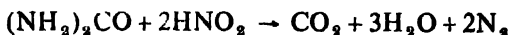
$$H_2NCONH_2 \rightarrow NH_3 + HCNO$$

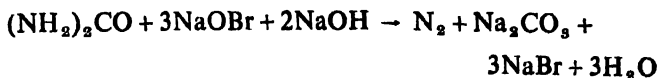
$$3HCNO \rightarrow (HCNO)_3$$

(3) এক মোল ইউরিয়া এক তুল্যাঙ্ক পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিড এবং এক তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অকজ্যালিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কেলাসাকার লবণ যথাক্রমে নাইট্রেট (I) এবং ইউরিয়া অকজ্যালেট (II) উৎপন্ন করে। অতএব ইউরিয়ার অম্লগ্রাহীতা হলো 1 (এক)।

$$H_2NCONH_2 + HNO_3 \rightarrow H_2N{\cdot}CONH_2{\cdot}HNO_3 \qquad \ldots \text{(I)}$$

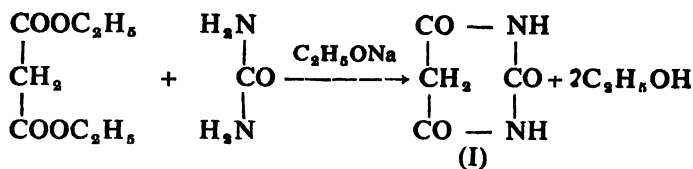
$$2(NH_2)_2CO + (COOH)_2 \rightarrow (NH_2CONH_2)_2{\cdot}(COOH)_2 \ldots \text{(II)}$$

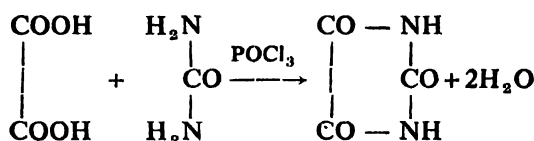
(4) নাইট্রাস অ্যাসিড ইউরিয়াকে নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে বিশ্লিষ্ট করে। এই বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন মাত্রিক পরিমাণে উৎপন্ন হয় না।

$$(NH_2)_2CO + 2HNO_2 \rightarrow CO_2 + 3H_2O + 2N_2$$

(5) ক্ষারীয় সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইড দ্রবণের সঙ্গে ইউরিয়ার বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বনেট উৎপন্ন করে।

$$(NH_2)_2CO + 3NaOBr + 2NaOH \rightarrow N_2 + Na_2CO_3 + 3NaBr + 3H_2O$$

(6) সোডিয়াম ইথক্সাইডের উপস্থিতিতে ইউরিয়ার কোহল দ্রবণকে ম্যালোনিক এস্টারের সঙ্গে রিফ্লাক্স করলে ম্যালোনাইল ইউরিয়া(I) [যাকে বারবিটিউরিক অ্যাসিড (Barbituric acid) বলে] উৎপন্ন হয়।

$$\begin{array}{l} COOC_2H_5 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOC_2H_5 \end{array} + \begin{array}{l} H_2N \\ | \\ CO \\ | \\ H_2N \end{array} \xrightarrow{C_2H_5ONa} \begin{array}{l} CO - NH \\ | \qquad\quad | \\ CH_2 \quad CO \\ | \qquad\quad | \\ CO - NH \end{array} + 2C_2H_5OH$$

(I)

(7) ফসফরাস অক্সিক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অকজালিক অ্যাসিডের সঙ্গে ইউরিয়ার বিক্রিয়ায় অকজালাইল ইউরিয়া উৎপন্ন হয়।

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ | \\ | \\ COOH \end{array} + \begin{array}{l} H_2N \\ | \\ CO \\ | \\ H_2N \end{array} \xrightarrow{POCl_3} \begin{array}{l} CO - NH \\ | \qquad\quad | \\ | \qquad\quad CO \\ | \qquad\quad | \\ CO - NH \end{array} + 2H_2O$$

সনাক্তকরণ : (1) ইউরিয়ার দ্রবণে ক্ষারীয় সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইড দ্রবণ যোগ করলে নাইট্রোজেন গ্যাস বার হয়।

(2) ইউরিয়ার দ্রবণে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করলে যে গ্যাস বার হয় তাকে চুনের জলের মধ্যে প্রবাহিত করলে চুনজল দুধের মত হয়। অর্থাৎ কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।

(3) উত্তপ্ত করলে প্রথমে ইউরিয়া গলে যায় এবং পরে অধিক তাপমাত্রায় বিশ্লিষ্ট হয়ে অ্যামোনিয়া ও বাই-ইউরেটে পরিণত হয়। এই বাই-ইউরেট সহসা কঠিন হয়ে পড়ে। অ্যামোনিয়াকে গন্ধ দিয়ে সনাক্ত করা যায় এবং ঐ বাই-ইউরেটের জলীয় দ্রবণে কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করার পর এক ফোটা কপার সালফেট যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ বেগুনী হয়। একে বাই-ইউরেট পরীক্ষা বলে।

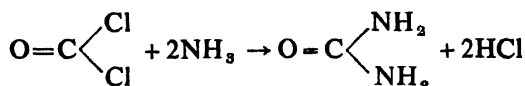
(4) ইউরিয়ার দ্রবণকে নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করে ঘন দ্রবণ প্রস্তুত করার পর ঠাণ্ডা করলে ইউরিয়া নাইট্রেটের সাদা কেলাস পাওয়া যায়।

ব্যবহার : (1) সবচেয়ে বেশি পরিমাণে ইউরিয়া সার হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

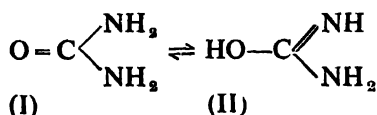
(2) ইউরিয়া ফরম্যালডিহাইড নামে প্লাস্টিক বারবিউটিউরেট ও ইউরিয়া স্টিবামাইন (Urea stebamine) নামে ওষুধ এবং হাইড্রাজিন প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে ইউরিয়া ব্যবহৃত হয়।

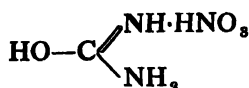
গঠন : (1) মাত্রিক বিশ্লেষণ ও আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জানা যায় যে, ইউরিয়ার আণবিক সংকেত N_2H_4CO।

(2) কার্বনিল ক্লোরাইড বা ডাই-ইথাইল কার্বনেটের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় ইউরিয়া উৎপন্ন হয়। অতএব ইউরিয়া হলো ডাই-অ্যামাইড $O=C(NH_2)_2$।

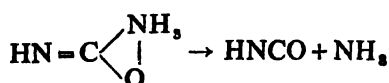
$$O=C\begin{matrix}\diagup Cl \\ \diagdown Cl\end{matrix} + 2NH_3 \rightarrow O=C\begin{matrix}\diagup NH_2 \\ \diagdown NH_2\end{matrix} + 2HCl$$

(3) কিছু কিছু ক্ষেত্রে ইউরিয়া ডাই-অ্যামাইডের ন্যায় আচরণ করলেও অনেক ক্ষেত্রে আবার করে না। অজৈব অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যামাইডগুলি কখনও স্থায়ী লবণ উৎপন্ন করে না। কিন্তু ইউরিয়া করে। উদাহরণ, ইউরিয়া নাইট্রেট $(NH_2)_2CO{\cdot}HNO_3$। এক মোল ইউরিয়া এক তুল্যাংক পরিমাণ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এই লবণ উৎপন্ন করে। অতএব ইউরিয়ার অম্লগ্রাহীতার সংখ্যা এক। কিন্তু ডাই-অ্যামাইড গঠন হলে ইউরিয়ার অম্লগ্রাহীতা হতো দুই।

(4) এই অসুবিধে দূর করার জন্য ইউরিয়ার অ্যামিডিন গঠন (I) দেওয়া হলো, সেটি ইউরিয়ার ডাই-অ্যামাইড গঠনের (I) সঙ্গে গতীয় সাম্যাবস্থায় (Dynamic equlibrium) বা টটোমেরিক (Tautomeric) অবস্থায় বর্তমান।

$$\underset{(I)}{O=C\begin{matrix}\diagup NH_2 \\ \diagdown NH_2\end{matrix}} \rightleftharpoons \underset{(II)}{HO-C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup NH \\ \diagdown NH_2\end{matrix}}$$

অ্যামিডিন গঠনে একটি শক্তিশালী ক্ষারীয় ইমিনো (>NH) মূলক আছে, যা অ্যাসিডের প্রোটনকে সহজে গ্রহণ করে লবণ প্রস্তুত করে। একটি ইমিনো মূলক থাকায় এর অম্লগ্রাহীতা হয় এক।

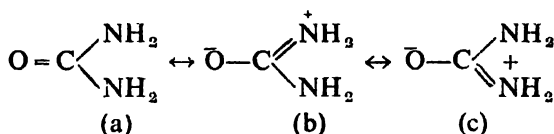
$$HO-C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup NH{\cdot}HNO_3 \\ \diagdown NH_2\end{matrix}$$

কিন্তু অন্য কোন অ্যামাইড এই অ্যামিডিন গঠন দেয় না।

(5) উত্তপ্ত করলে ইউরিয়া থেকে সহজে অ্যামোনিয়া ও সায়ানিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়ার পরিপ্রেক্ষিতে ভারনার (Werner) ইউরিয়ার গঠন দেন,

$$HN=C\begin{matrix}\diagup NH_3 \\ | \\ \diagdown O\end{matrix} \rightarrow HNCO + NH_3$$

এই গঠনে ইউরিয়ার একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর পাঁচটি সমযোজক (Covalent bond) আছে, যা অসম্ভব।

(6) ইউরিয়া কেলাসের এক্স-রে বিশ্লেষণে জানা গেছে যে, ইউরিয়ার দুটি C—N যোজক দৈর্ঘ্য সমান এবং এর মান 1·37Å। কিন্তু অ্যালিফ্যাটিক অ্যামিনের C—N যোজক দৈর্ঘ্য 1·47Å এবং C=N যোজক দৈর্ঘ্য 1·28Å। অতএব ইউরিয়ার C–N যোজকটিতে আংশিক দ্বিবন্ধ আছে। উপরোক্ত ব্যাপারগুলির সুষ্ঠু মীমাংসার জন্য ইউরিয়ার সংস্পন্দন গঠন দেওয়া হলো।

$$O{=}C\langle^{NH_2}_{NH_2} \leftrightarrow \bar{O}{-}C\langle^{\overset{+}{N}H_2}_{NH_2} \leftrightarrow \bar{O}{-}C\langle^{NH_2}_{\overset{+}{N}H_2}$$

(a) (b) (c)

এই তিনটি গঠনের কোন একটি গঠন ইউরিয়ার নয়, কিন্তু তিনটি গঠনের সংকর গঠনটি হলো ইউরিয়ার। (a) গঠনটিতে আধান (Charge) পৃথক না হলেও (b) এবং (c) গঠনে আধান পৃথক হয়েছে। ফলে ইউরিয়ার দ্বিমেরু আঘূর্ণন (Dipole moment) কিছু পরিমাণ থাকবে এবং মেপে দেখা গেছে এই পরিমাণ 4·56D। (b) এবং (c) গঠনে অক্সিজেন পরমাণুর উপর একটি ঋণাত্মক আধান থাকায় ঐই আহিত (Charged) অক্সিজেন পরমাণু একটি প্রোটনকে গ্রহণ করতে পারে। অর্থাৎ এর অম্লগ্রাহীতা হয় এক। কোন বস্তুর সংস্পন্দন গঠন হলে তার সংস্পন্দন শক্তি (Resonance energy) থাকবে। ইউরিয়ার এই শক্তির পরিমাণ 23 কিলো ক্যালোরি প্রতি মোল।

প্রশ্নাবলী

1. সংশ্লেষণ কর: (i) ডাই-ইথাইল কার্বনেট (ii) কার্বানিল ক্লোরাইড (iii) অ্যালকাইল ক্লোরোফরমিক এস্টার (iv) ইউরিয়া (v) অ্যামোনিয়াম কার্বোনেট।
2. নিম্নলিখিত বিক্রিয়কের সঙ্গে ইউরিয়া কি শর্তে বিক্রিয়া করবে এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ কি হবে? (i) HNO_2 (ii) HNO_3 (iii) $(COOH)_2$ (iv) NaOBr (v) $CH_2(CO_2C_2H_5)_2$.
3. ইউরিয়ার গঠন নিরূপণ কর। কি কাজে ইউরিয়া ব্যবহৃত হয়? ইউরিয়াকে কিভাবে সনাক্ত করা যায়?

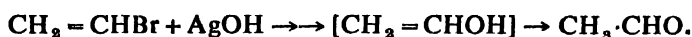
২০

অসংপৃক্ত কোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন এবং অ্যাসিড সমূহ

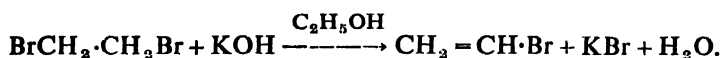
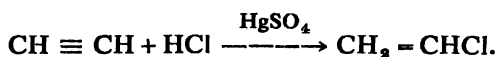
Unsaturated Alcohols, Aldehydes, Ketones & Acids

অসংপৃক্ত কোহল

সরলতম অসংপৃক্ত কোহল হলো ভিনাইল কোহল ($CH_2 = CHOH$), সেটি অজানা। যে কোন পদ্ধতিতে এই ভিনাইল কোহলটি প্রস্তুত করতে গেলে অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়। ভিনাইল ব্রোমাইডের সঙ্গে সিলভার হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

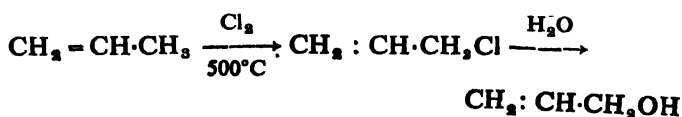
$$CH_2 = CHBr + AgOH \rightarrow\rightarrow [CH_2 = CHOH] \rightarrow CH_3{\cdot}CHO.$$

ভিনাইল কোহল জানা না থাকলেও এই কোহলের জাতক, যেমন ভিনাইল ক্লোরাইড, সায়নাইড, ইথার ইত্যাদি, জানা আছে।

$$CH \equiv CH + HCl \xrightarrow{HgSO_4} CH_2 = CHCl.$$

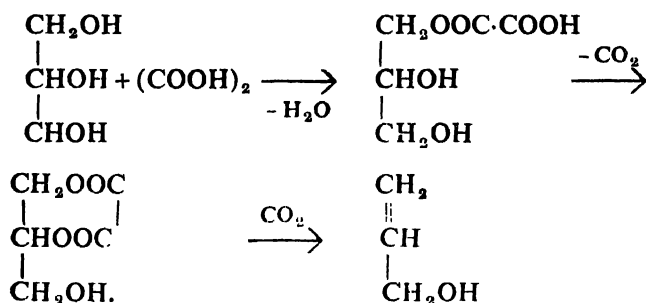
$$BrCH_2{\cdot}CH_2Br + KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_2 = CH{\cdot}Br + KBr + H_2O.$$

ভিনাইল ক্লোরাইড ও ভিনাইল অ্যাসিটেটের বহুলীভূত পদার্থ হলো ভিনিয়ন (Vinion)। এটি একটি বিশেষ ধরনের প্লাস্টিক, যা শিল্পে নানা কাজে লাগে।

অ্যাল্লাইল কোহল (Allyl alcohal) $CH_2 = CH{\cdot}CH_2OH$ **:** (1) অধিক তাপমাত্রায় (500°C) প্রোপিলিনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অ্যাল্লাইল ক্লোরাইড পাওয়া যায়। যাকে অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র বিশ্লেষিত করলে অ্যাল্লাইল কোহল পাওয়া যায়।

$$CH_2 = CH{\cdot}CH_3 \xrightarrow[500^\circ C]{Cl_2} CH_2 : CH{\cdot}CH_2Cl \xrightarrow{H_2O}$$

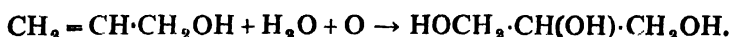
$$CH_2 : CH{\cdot}CH_2OH$$

(2) ফরমিক অ্যাসিড বা অকজালিক অ্যাসিডের সঙ্গে গ্লিসারলকে 160°C-এ উত্তপ্ত করলে অ্যাল্লাইল কোহল পাওয়া যায়।

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CHOH \end{array} + (COOH)_2 \xrightarrow[-H_2O]{} \begin{array}{l} CH_2OOC\cdot COOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} \xrightarrow{-CO_2}$$

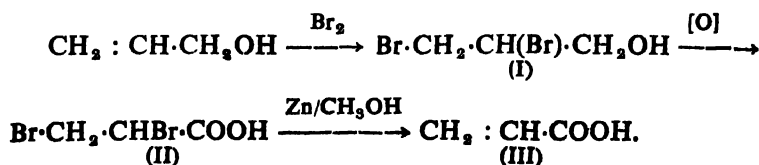
$$\begin{array}{l} CH_2OOC \\ |\qquad\quad | \\ CHOOC \\ | \\ CH_2OH. \end{array} \xrightarrow{CO_2} \begin{array}{l} CH_2 \\ \| \\ CH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

অ্যাল্লাইল কোহল ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। জলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে দ্রাব্য। স্ফুটনাঙ্ক 97°C। অ্যাল্লাইল মূলকের জন্য এই ঝাঁঝালো গন্ধ। পিঁয়াজে এবং সরষের তেলে অ্যাল্লাইল মূলক থাকায় এদের গন্ধ ঝাঁঝালো হয়।

অ্যাল্লাইল কোহলে অসংপৃক্ততা (দ্বিবন্ধ) এবং প্রাথমিক কোহল মূলক আছে এবং এই যৌগটি উভয়প্রকার ক্রিয়াশীল মূলকের বিক্রিয়া দেয়।

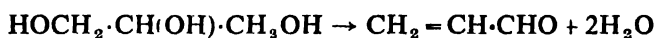
(1) লঘু পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে অ্যাল্লাইল কোহলকে জারিত করলে গ্লিসারল পাওয়া যায়

$$CH_2=CH\cdot CH_2OH + H_2O + O \rightarrow HOCH_2\cdot CH(OH)\cdot CH_2OH.$$

কিন্তু শক্তিশালী জারক বস্তুর প্রভাবে অ্যাল্লাইল কোহল দ্বিবন্ধ ভেঙ্গে যেতে পারে। তাই এই অসংপৃক্ততাকে সংরক্ষিত করে জারিত করা যেতে পারে। যেমন অ্যাল্লাইল কোহল ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 2 : 3 ডাই-ব্রোমো প্রোপানল (I) পাওয়া যায়। যাকে জারিত করলে 2 : 3 ডাই-ব্রোমো প্রোপানোয়িক অ্যাসিড (II) পাওয়া যায়। এই অ্যাসিডকে মিথানলের উপস্থিতিতে দস্তঃরজ (Zinc dust) দিয়ে উত্তপ্ত করলে ব্রোমিন পরমাণু দুটি অপসারিত হয়ে পুনরায় অসংপৃক্ততা ফিরিয়ে আনে। এতে অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড (III) উৎপন্ন হয়।

$$CH_2 : CH\cdot CH_2OH \xrightarrow{Br_2} \underset{(I)}{Br\cdot CH_2\cdot CH(Br)\cdot CH_2OH} \xrightarrow{[O]}$$

$$\underset{(II)}{Br\cdot CH_2\cdot CHBr\cdot COOH} \xrightarrow{Zn/CH_3OH} \underset{(III)}{CH_2 : CH\cdot COOH.}$$

অসংপৃক্ত অ্যালডিহাইড

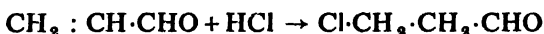
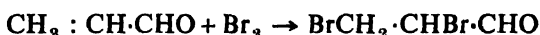
সরলতম অসংপৃক্ত অ্যালডিহাইড হলো অ্যাক্র্যালডিহাইড বা অ্যাক্রোলিন ($CH_2=CH{\cdot}CHO$)। গ্লিসারলকে পটাশিয়াম বাই-সালফেট (কঠিন) দিয়ে পাতিত করলে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে অ্যাক্রোলিন সহজে প্রস্তুত হয়।

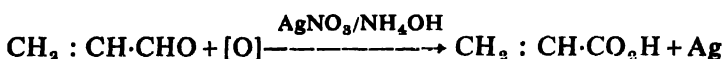
$$HOCH_2{\cdot}CH(OH){\cdot}CH_2OH \rightarrow CH_2=CH{\cdot}CHO+2H_2O$$

প্রোপিলিনকে জারিত করে সরাসরি অ্যাক্রোলিন প্রস্তুত করা যায়।

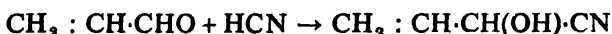
অ্যাক্রোলিন অস্বস্তিকর ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 52°C। অ্যাক্রোলিন হলো $\alpha\beta$-অসংপৃক্ত অ্যালডিহাইড ($\overset{\beta}{C}H_2=\overset{\alpha}{C}H{\cdot}CHO$)। এই যৌগটি অস্থায়ী।

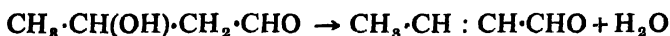
অ্যাক্রোলিন ব্রোমিনের এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে 2 : 3 ডাই-ব্রোমো প্রোপান্যাল এবং 3 ক্লোরো-প্রোপান্যাল পাওয়া যায়। মার্কোনিকফ নিয়মের বিপরীতভাবে যোগ হয়, কারণ এই যৌগে ইলেকট্রন আকর্ষী অ্যালডিহাইড মূলক আছে বলে।

$$CH_2 : CH{\cdot}CHO+Br_2 \rightarrow BrCH_2{\cdot}CHBr{\cdot}CHO$$

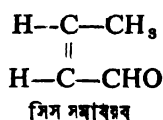
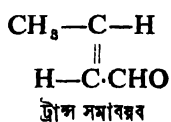
$$CH_2 : CH{\cdot}CHO+HCl \rightarrow Cl{\cdot}CH_2{\cdot}CH_2{\cdot}CHO$$

অ্যাক্রোলিন অ্যামোনিয়াকৃত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে বিজারিত করে ধাতব সিলভার মুক্ত করে এবং নিজে জারিত হয়ে অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$CH_2 : CH{\cdot}CHO+[O] \xrightarrow{AgNO_3/NH_4OH} CH_2 : CH{\cdot}CO_2H+Ag$$

অ্যাক্রোলিন হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সায়ানোহাইড্রিন উৎপন্ন করে।

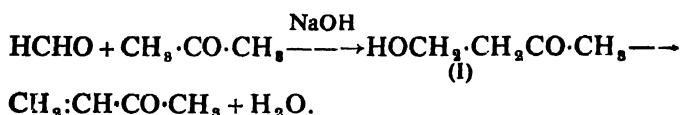
$$CH_2 : CH{\cdot}CHO+HCN \rightarrow CH_2 : CH{\cdot}CH(OH){\cdot}CN$$

ক্রোটোন্যালডিহাইড $CH_3{\cdot}CH : CH{\cdot}CHO$: অ্যালডলকে উত্তপ্ত করে প্রস্তুত করা হয়।

$$CH_3{\cdot}CH(OH){\cdot}CH_2{\cdot}CHO \rightarrow CH_3{\cdot}CH : CH{\cdot}CHO+H_2O$$

ক্রোটোন্যালডিহাইড বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 104°। এটির রাসায়নিক ধর্ম অনেকটা অ্যাক্রোলিনের মত। ক্রোটোন্যালডিহাইড দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব দেয়। যেমন,

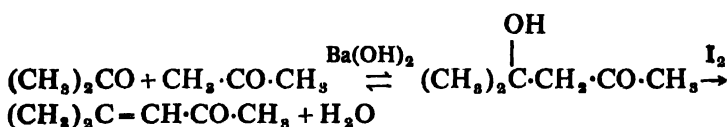
$$\begin{array}{c} CH_3-C-H \\ \| \\ H-C{\cdot}CHO \end{array} \qquad \begin{array}{c} H-C-CH_3 \\ \| \\ H-C-CHO \end{array}$$

ট্রান্স সমাবয়ব   সিস সমাবয়ব

অসংপৃক্ত কিটোন

সরলতম অসংপৃক্ত কিটোন হলো মিথাইল ভিনাইল কিটোন ($CH_3COCH : CH_2$)। কস্টিক সোডা দ্রবণের উপস্থিতিতে ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে অ্যাসিটোনের (অ্যালডল সংঘনন) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বস্তুকে (I) উত্তপ্ত করে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে মিথাইল ভিনাইল কিটোন উৎপন্ন হয়।

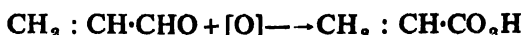
$$HCHO + CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 \xrightarrow{NaOH} \underset{(I)}{HOCH_2{\cdot}CH_2CO{\cdot}CH_3} \longrightarrow$$
$$CH_2{:}CH{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + H_2O.$$

মিথাইল ভিনাইল কিটোন তরল পদার্থ। যাকে রেখে দিলে বহুলীভূত হয়ে পড়ে। প্লাস্টিক প্রস্তুতিতে এটি ব্যবহৃত হয়। স্ফুটনাঙ্ক 79°C।

মেসিটাইল অক্সাইড $(CH_3)_2C{:}CHCOCH_3$ঃ বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটোন অ্যালডল সংঘনন বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যাসিটোন কোহল উৎপন্ন হয়। যাকে আয়োডিন কেলাস দিয়ে উত্তপ্ত করলে জলের অণু বিযুক্ত হয়ে মেসিটাইল অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$(CH_3)_2CO + CH_3{\cdot}CO{\cdot}CH_3 \overset{Ba(OH)_2}{\rightleftharpoons} (CH_3)_2\overset{\overset{OH}{|}}{C}{\cdot}CH_2{\cdot}CO{\cdot}CH_3 \xrightarrow{I_2}$$
$$(CH_3)_2C = CH{\cdot}CO{\cdot}CH_3 + H_2O$$

মেসিটাইল অক্সাইড বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক 130°C। রঞ্জন বস্তু ও তেলের দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

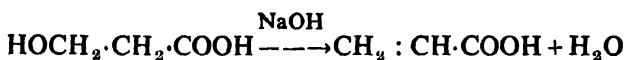
অসংপৃক্ত কার্বক্সিল অ্যাসিড

(1) অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড ($CH_2 : CH{\cdot}COOH$) হলো সরলতম অসংপৃক্ত এক ক্ষারীয় কার্বক্সিল অ্যাসিড। অ্যামোনিয়াকৃত সিলভার নাইট্রেট দিয়ে অ্যাক্রোলিনকে জারিত করলে অ্যাক্রাইলিক পাওয়া যায়।

$$CH_2 : CH{\cdot}CHO + [O] \longrightarrow CH_2 : CH{\cdot}CO_2H$$

(2) ভিনাইল ব্রোমাইডের (I) সঙ্গে পটাশিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ভিনাইল সায়ানাইডকে (II) আদ্র বিশ্লেষিত করলে অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$CH_2 : CHBr + KCN \longrightarrow CH_2{:}CHCN \xrightarrow{H_2O} CH_2 : CH{\cdot}COOH$$

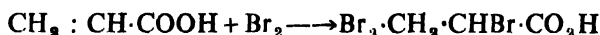
(3) β-হাইড্রক্সি প্রোপিয়োনিক অ্যাসিডকে কষ্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

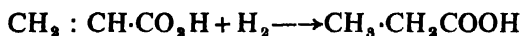
$$HOCH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH \xrightarrow{NaOH} CH_2 : CH \cdot COOH + H_2O$$

(4) নিকেল প্রভাবকের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিন কার্বন মনোক্সাইড ও জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

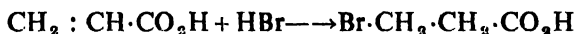
$$CH \vdots CH + CO + H_2O \rightarrow CH_2 : CH \cdot COOH$$

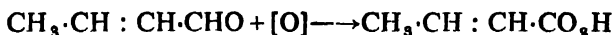
অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড বর্ণহীন তরল। স্ফুটনাঙ্ক 141°C। জলে যে কোন অনুপাতে দ্রাব্য। অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিডকে রেখে দিলে বহুলীভূত হয়ে কঠিন আকার প্রাপ্ত হয়। অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড দ্বিবন্ধ ও কার্বক্সিল ক্রিয়াশীল মূলকের বিক্রিয়া সমূহ দেখায়।

(1) অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় $\alpha\beta$-ডাই-ব্রোমো প্রোপিয়োনিক উৎপন্ন করে।

$$CH_2 : CH \cdot COOH + Br_2 \longrightarrow Br_2 \cdot CH_2 \cdot CHBr \cdot CO_2H$$

(2) অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$CH_2 : CH \cdot CO_2H + H_2 \longrightarrow CH_3 \cdot CH_2COOH$$

(3) অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ার β-ব্রোমো প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে (কার্বক্সিল মূলক থাকায় মার্কোনিকফ নিয়মের বিপরীত দিকে যুক্ত হয়)।

$$CH_2 : CH \cdot CO_2H + HBr \longrightarrow Br \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CO_2H$$

ক্রোটোনিক অ্যাসিড, $CH_3CH = CH \cdot CO_2H$ **:** ক্রোটোন্যাল-ডিহাইডকে জারিত করে প্রস্তুত করা হয়।

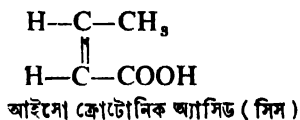
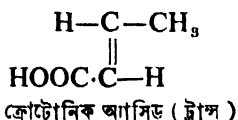
$$CH_3 \cdot CH : CH \cdot CHO + [O] \longrightarrow CH_3 \cdot CH : CH \cdot CO_2H$$

পিরিডিনের উপস্থিতিতে অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে ম্যালোনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ক্রোটোনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$CH_3 \cdot CHO + CH_2(COOH)_2 \rightarrow CH_3 \cdot CH = CHCO_2H + CO_2 + H_2O$$

ক্রোটোনিক অ্যাসিডের দুটি জ্যামিতিক সমাবয়ব আছে। ট্রান্স অ্যাসিডকে ক্রোটোনিক অ্যাসিড বলা হয় এবং এটি স্থায়ী কঠিনাকার পদার্থ। গলনাঙ্ক 72°C।

সিস সমাবয়বটিকে আইসোক্রোটোনিক অ্যাসিড বলে। এটি অস্থায়ী যৌগ এবং এটির গলনাঙ্ক 15°C।

$$\begin{array}{c} H-C-CH_3 \\ \| \\ HOOC\cdot C-H \end{array} \qquad \begin{array}{c} H-C-CH_3 \\ \| \\ H-C-COOH \end{array}$$

ক্রোটোনিক অ্যাসিড (ট্রান্স)   আইসো ক্রোটোনিক অ্যাসিড (সিস)

প্রশ্নাবলী

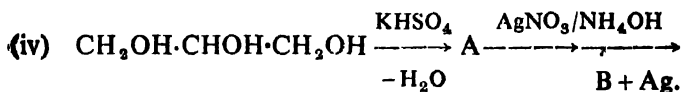
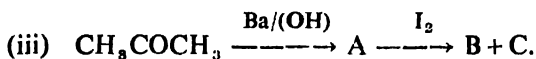
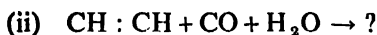
1. সংশ্লেষণ কর : (i) অ্যাল্লাইল কোহল (ii) অ্যাক্রোলিন (iii) ক্রোটোন্যালডিহাইড মেসিটাইল অক্সাইড (iv) মিথাইল ভিনাইল কিটোন (v) অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড (vi) ক্রোটোনিক অ্যাসিড।
2. ক্রোটোনিক অ্যাসিডের সমাবয়বগুলির নাম ও গঠন লেখ।
3. বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ কর :

   (i) $CH_2 : CH\cdot CO_2H + HBr \rightarrow ?$

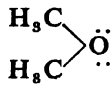
   (ii) $CH : CH + CO + H_2O \rightarrow ?$

   (iii) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{Ba/(OH)} A \xrightarrow{I_2} B + C.$

   (iv) $CH_2OH\cdot CHOH\cdot CH_2OH \xrightarrow[-H_2O]{KHSO_4} A \xrightarrow{AgNO_3/NH_4OH} B + Ag.$

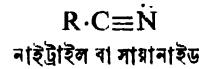
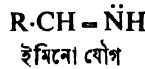
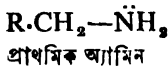
সংযোজন

কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয় কর্তৃক অতি সম্প্রতি প্রকাশিত রসায়নের বি.এস.সি পাস পাঠ্যক্রম অনুযায়ী নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সংযোজিত হলো।

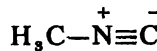
কার্বন অক্সিজেন বন্ধন (Carbon oxygen bonds) ঃ অক্সিজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হলো $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ (পৃঃ ৫১ দ্রষ্টব্য) এবং অক্সিজেন পরমাণুও অন্য মৌলের পরমাণুর সঙ্গে সঙ্করায়িত অরবাইটালের সাহায্যে যুক্ত হয়ে সুস্থিত যৌগ গঠন করতে পারে। যেমন অক্সিজেন দুটি মিথাইল মূলকের কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে ডাই-মিথাইল ইথার যৌগ সৃষ্টি করতে পারে, যাতে অক্সিজেন তার চারটি sp^3 সঙ্করায়িত অরবাইটালকে ব্যবহার করতে পারে— দুটি কার্বনের প্রত্যেকটির একটি sp^3 অরবাইটালের সঙ্গে অক্সিজেনের একটি করে মোট দুটি sp^3 অরবাইটালের অধিক্রমণের ফলে দুটি σ বন্ধন সৃষ্টি হয় এবং অক্সিজেনের অপর দুটি নিঃসঙ্গ ইলেট্রন যুগল বর্তমান থাকে। এর ফলে C—O—C কোণের মান 110° এবং C—O বন্ধন দৈর্ঘ্য 1·42Å হয়।

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} \!\!> \ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}$$

অক্সিজেন পরমাণু কার্বনের সঙ্গে দ্বিযোজক দ্বারাও যুক্ত থাকতে পারে, যেমন অ্যাসিটোনে $(CH_3)_2C=O$ থাকে। এখানে অক্সিজেন পরমাণু তিনটি sp^2 সঙ্করায়িত অরবাইটালকে কাজে লাগায়। এক্ষেত্রে অক্সিজেনের একটি sp^2 অরবাইটাল কার্বনের একটি sp^2 অরবাইটালের সঙ্গে অধিক্রমণের ফলে অক্সিজেন-কার্বন σ যোজকের উৎপত্তি হয় এবং অক্সিজেনের অপর দুটি sp^2 অরবাইটালে প্রত্যেকটিতে নিঃসঙ্গ একজোড়া ইলেকট্রন থাকে। একটি অসঙ্করায়িত ইলেকট্রন যেমন অক্সিজেন পরমাণুতে থাকে, তেমনি কার্বন পরমাণুও থাকে। এই দুটি অসঙ্করায়িত ইলেকট্রন একে অন্যের সঙ্গে পাশাপাশি অধিক্রমণের ফলে π বন্ধনের সৃষ্টি হয়। এখানে C—C—O বন্ধন কোণের মান 120° এবং C=O বন্ধন দৈর্ঘ্য 1·22Å। অক্সিজেন কার্বনের থেকে অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বলে কার্বন অক্সিজেন বন্ধনটি মেরুগ্রস্থ হবে।

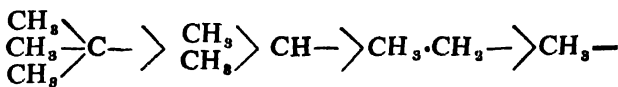
কার্বন নাইট্রোজেন বন্ধন (Carbon nitrogen bonds) ঃ নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হলো $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$। নাইট্রোজেনের সঙ্করায়িত অরবাইটালের সাহায্যে কার্বন নাইট্রোজেনের একযোজক (C—N),

দ্বিযোজক (C=N) এবং ত্রিযোজক (C≡N) সম্পন্ন যৌগ গঠন করতে পারে এবং প্রতি ক্ষেত্রে নাইট্রোজেন পরমাণুটিতে নিঃসঙ্গ একজোড়া ইলেকট্রন বর্তমান এবং প্রতি ক্ষেত্রে কার্বন নাইট্রোজেনের মধ্যে σ বন্ধন এবং কার্বন ও নাইট্রোজেন পরমাণুর প্রত্যেকটির একটি ও দুটি অসংকরায়িত ইলেকট্রন পরস্পরের সঙ্গে পাশাপাশি অধিক্রমণের ফলে যথাক্রমে দ্বিযোজক ও ত্রিযোজকের উৎপত্তি হয় অর্থাৎ কার্বন নাইট্রোজেনের মধ্যে দ্বিযোজক ও ত্রিযোজক যথাক্রমে একটি ও দুটি π বন্ধন থাকে। কার্বন নাইট্রোজেনের এক যোজক, দ্বিযোজক ও ত্রিযোজকের বন্ধন দৈর্ঘ্য যথাক্রমে। 1·47 Å, 1·29Å এবং 1·16Å।

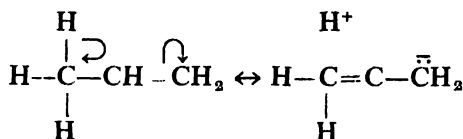
$R{\cdot}CH_2{-}\ddot{N}H_2$	$R{\cdot}CH{=}\ddot{N}H$	$R{\cdot}C{\equiv}\ddot{N}$
প্রাথমিক অ্যামিন	ইমিনো যৌগ	নাইট্রাইল বা সায়ানাইড

এছাড়া আইসোনাইট্রাইল (আইসোসায়ানাইড) যৌগে নাইট্রোজেন পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকে না। আইসোনাইট্রাইল যৌগে নাইট্রোজেন আইসো-সায়ানাইড মূলকের কার্বন পরমাণুর সঙ্গে তিনটি সমযোজক ও একটি তড়িৎযোজক দ্বারা এবং নাইট্রোজেন অ্যালকাইল মূলকের কার্বন পরমাণুর সঙ্গে একটি সমযোজক দ্বারা যুক্ত থাকে। অর্থাৎ নাইট্রোজেন চারটি সমযোজক ও একটি তড়িৎযোজক দ্বারা যুক্ত থাকে।

$$H_3C{-}\overset{+}{N}{\equiv}\overset{-}{C}$$

অণুতে ইলেকট্রন অপসরণ

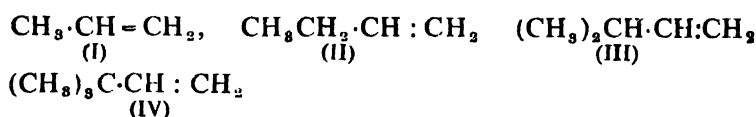
অতিযুগ্মতা (Hyperconjugation) : মিথাইল মূলক ইলেকট্রন বিকর্ষী বলে নিম্নলিখিত অ্যালকাইল মূলকের আবেশীয় ক্রিয়ার (পৃঃ ৭৩ দ্রষ্টব্য) আপেক্ষিক মানের ক্রম হবে—

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>\!C{-} > \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>CH{-} > CH_3{\cdot}CH_2{-} > CH_3{-}$$

কিন্তু অ্যালকাইল মূলক দ্বিবন্ধে বা বেনজিন বৃত্তে যুক্ত থাকলে আবেশীয় ক্রিয়ার উপরোক্ত ক্রমের ব্যাঘাত সৃষ্টি হয় এবং বিপরীত দিকে হয়। এর থেকে স্পষ্ট বোঝা যায় যে, অ্যালকাইল মূলক এইসব ক্ষেত্রে আবেশীয় ক্রিয়া ছাড়া অন্য কোন

ক্রিয়াবিধির সাহায্যে ইলেকট্রন মুক্ত করতে পারে এবং সংস্পন্দনের দ্বারা এটির ব্যাখ্যা করা যায়, যাতে ইলেকট্রন স্থানচ্যুতি নিম্নলিখিতভাবে ঘটতে পারে—

$$H-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}-CH-CH_2 \leftrightarrow H-\overset{\overset{H^+}{}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}=C-\bar{C}H_2$$

এই ধরনের ইলেকট্রন অপসরণকে অতিযুগ্মতা (Hyperconjugation) বা বন্ধনবিহীন সংস্পন্দন (No bond resonance) বলে। অবশ্য কোন ক্ষেত্রেই এই H^+ প্রোটন কার্যত বিচ্ছিন্ন হতে পারে না। অতিযুগ্মতার ক্ষেত্রে অ্যালকাইল মূলকের ইলেকট্রন দানের ক্রম হবে $CH_3- > CH_3CH_2- > (CH_3)_2CH > (CH_3)_3C$—অর্থাৎ আবেশীয় ক্রিয়ার বিপরীত। অসংপৃক্ততা সম্পন্ন তন্ত্রের ৫-কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হাইড্রোজেনের উপর অতিযুগ্মতার মাত্রা নির্ভর করে। যেমন—

$\underset{(I)}{CH_3{\cdot}CH=CH_2}$, $\underset{(II)}{CH_3CH_2{\cdot}CH:CH_2}$ $\underset{(III)}{(CH_3)_2CH{\cdot}CH:CH_2}$

$\underset{(IV)}{(CH_3)_3C{\cdot}CH:CH_2}$

এক্ষেত্রে I নং যৌগের অতিযুগ্মতার মান সর্বাধিক এবং IV নং যৌগের ক্ষেত্রে এই মান প্রায় শূন্য।

ইথাইল কোহলের রাসায়নিক ধর্ম

ইথানলের জলবিযুক্ত (Dehydration) বিক্রিয়া : ইথানলকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ইথানলের পরিমাণ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে কি ধরনের যৌগ উৎপন্ন হবে।

ইথানলের হাইড্রক্সিল মূলকের (– OH) অক্সিজেন পরমাণুটিতে নিঃসঙ্গ দুজোড়া ইলেকট্রন আছে। ইথানলের হাইড্রক্সিল মূলকের অক্সিজেন পরমাণুর একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় অ্যাসিডের প্রোটনকে গ্রহণ করে অক্সোনিয়াম আয়নে (I) পরিণত হয়। এই অক্সোনিয়াম আয়নটির কার্বন-অক্সিজেন সমযোজকের ইলেকট্রন যুগলকে অক্সিজেন টেনে নিয়ে জল (H_2O) হিসেবে মুক্ত হয়। এর ফলে ইথাইল কার্বোনিয়াম আয়ন (II) সৃষ্টি হয়। এটি পরবর্তী ধাপে তিন ভাবে বিক্রিয়া করতে পারে। যা বিক্রিয়কের পরিমাণ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। যেমন (a) কম তাপমাত্রায়

(100°C) এই ইথাইল কার্বোনিয়াম আয়নটি প্রোটন বিচ্যুত অ্যাসিডের অ্যানায়ন অংশের সঙ্গে (এক্ষেত্রে HSO_4') বিক্রিয়ায় ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট (III) উৎপন্ন হয়।

$$H\cdot HSO_4 \rightarrow H^+ + HSO_4'$$

$$CH_3\cdot CH_2\ddot{O}H + H^+ \rightarrow \underset{I}{CH_3\cdot CH_2-\overset{+}{\ddot{O}}(H)-H} \rightarrow \underset{II}{CH_3\cdot \overset{+}{CH_2}} + H_2O$$

$$C_2H_5^+ + HSO_4' \rightarrow C_2H_5HSO_4 \ (III)$$

(b) অধিক তাপমাত্রায় ইথাইল কার্বোনিয়াম আয়নটি (ধনাত্মক আধানযুক্ত কার্বন পরমাণুর পাশের কার্বনে যুক্ত হাইড্রোজেনকে) একটি হাইড্রোজেনকে প্রোটন হিসেবে পরিত্যাগ করে ইথিলিনে (IV) পরিণত হয়।

$$CH_3\cdot\overset{+}{C}H_2 \rightarrow \underset{(IV)}{CH_2=CH_2} + H^+$$

(c) ইথানলের পরিমাণ কম এবং তাপমাত্রা বেশি হলে ইথিলিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু ইথানলের (কোহলের) পরিমাণ বেশি হলে এবং তাপমাত্রা বেশি হলে ইথাইল কার্বোনিয়াম আয়ন ইথানলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যে মধ্যবর্তী অক্সোনিয়াম আয়ন (V) উৎপন্ন হয় তার থেকে একটি প্রোটন বিচ্ছিন্ন হয়ে ডাই-ইথাইল ইথার যৌগ সৃষ্টি করে।

$$CH_3\cdot\overset{+}{C}H_2 + :\ddot{O}(H)-CH_2\cdot CH_3 \rightarrow \underset{(V)}{CH_3\cdot CH_2OCH_2CH_3} + H^+$$

প্রোপিয়োন্যালডিহাইড বা প্রোপান্যাল CH_3CH_2CHO :

(1) ডাইক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে n-প্রোপাইল কোহলকে জারণে প্রোপান্যাল প্রস্তুত করা যায়।

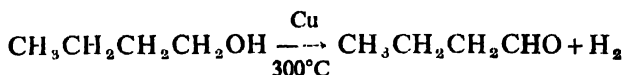
$$CH_3\cdot CH_2CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3CH_2CHO$$

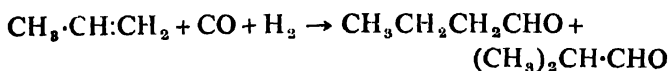
(2) 300°C-এ কপার অনুঘটকের উপর দিয়ে n-প্রোপাইল কোহলের বাষ্পকে প্রবাহিত করে ডিহাইড্রোজিনেশনের দ্বারা এই অ্যালডিহাইডটি প্রস্তুত করা যায়।

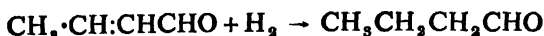
$$CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[300°C]{Cu} CH_3CH_2CHO + H_2$$

শ্বাসরোধকারী গন্ধ বিশিষ্ট জলের ন্যায় তরল। দাহ্য। জলে ও কোহলে দ্রাব্য। হিমাঙ্ক $-81°C$, স্ফুটনাঙ্ক $48·8°C$। প্লাস্টিক, রাবার শিল্পে, প্রোপিয়োনিক অ্যাসিড ও পলিভিনাইল যৌগ প্রস্তুতিতে ও সংরক্ষণের কাজে ব্যবহৃত হয়।

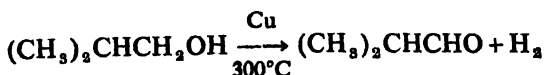
বিউটির‍্যালডিহাইড বা বিউটান্যাল $CH_3CH_2CH_2CHO$: (1) কপার অনুঘটকের উপস্থিতিতে n-বিউটানল কোহলের বাষ্পকে 300°C-এ উত্তপ্ত করলে ডিহাইড্রোজিনেশনের দ্বারা বিউটির‍্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_3CH_2CH_2CH_2OH \xrightarrow[300°C]{Cu} CH_3CH_2CH_2CHO + H_2$$

(2) **অক্সোপদ্ধতিতে** (Oxo process) **:** উচ্চ চাপে ও উচ্চ তাপমাত্রায় প্রোপিলিন, কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে কোবাল্ট কার্বনিল হাইড্রাইড $CoH(CO)_4$ অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিউটির‍্যালডিহাইড ও আইসোবিউটির‍্যাল-ডিহাইডে পরিণত হয়। আংশিক পাতন করে এই দুটি অ্যালডিহাইডকে পৃথক করা হয়।

$$CH_3·CH:CH_2 + CO + H_2 \rightarrow CH_3CH_2CH_2CHO + (CH_3)_2CH·CHO$$

(3) **ক্রোটন্যালডিহাইড থেকে :** ক্রোটন্যালডিহাইডকে আংশিক বিজারণে বিউটির‍্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$CH_3·CH:CHCHO + H_2 \rightarrow CH_3CH_2CH_2CHO$$

বিউটির‍্যালডিহাইড দাহ্য, বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত জলের ন্যায় তরল। হিমাঙ্ক $-99°C$ এবং স্ফুটনাঙ্ক $75·7°C$। জলে স্বল্প দ্রাব্য, কিন্তু কোহলে দ্রাব্য। দ্রাবক রূপে, বহুলক প্রস্তুতিতে, রাবার শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

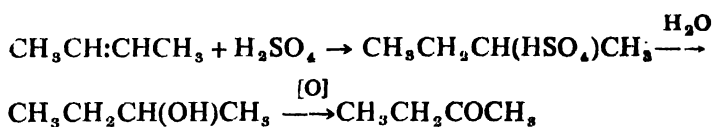
আইসোবিউটির‍্যালডিহাইড $(CH_3)_2·CHCHO$ **:** (1) কপার অনুঘটকের উপস্থিতিতে আইসোবিউটাইল কোহলের বাষ্পকে 300°C-এ উত্তপ্ত করলে ডিহাইড্রোজিনেশনের দ্বারা আইসাবিউটির‍্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$(CH_3)_2CHCH_2OH \xrightarrow[300°C]{Cu} (CH_3)_2CHCHO + H_2$$

এছাড়া অক্সো পদ্ধতিতে বিউটির‍্যালডিহাইডের সঙ্গে এই অ্যালডিহাইডটিকে প্রস্তুত করা যায়।

এই অ্যালডিহাইডটি ঝাঁঝালো গন্ধ বিশিষ্ট, দাহ্য, বর্ণহীন ও স্বচ্ছ তরল। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কোহলে দ্রাব্য। রাবার শিল্পে, অ্যামাইনো অ্যাসিড ও নিওপেণ্টাইল গ্লাইকল প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

মিথাইল ইথাইল কিটোন বা বিউটানোন $CH_3COCH_2CH_3$: দ্বিতীয়ক বিউটাইল কোহলকে জারণে প্রস্তুত করা যায় (বিউটিনের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বস্তুকে আর্দ্র বিশ্লেষণে দ্বিতীয়ক বিউটাইল কোহল পাওয়া যায়।

$$CH_3CH{:}CHCH_3 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3CH_2CH(HSO_4)CH_3 \xrightarrow{H_2O}$$

$$CH_3CH_2CH(OH)CH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3CH_2COCH_3$$

অ্যাসিটোনের ন্যায় গন্ধ বিশিষ্ট, বর্ণহীন, অত্যন্ত দাহ্য তরল। জলে 10% (ওজন/ওজন) দ্রাব্য। বেনজিন ও কোহলে দ্রাব্য। হিমাঙ্ক −86·4°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 79·6°C। জৈব যৌগ সংশ্লেষণে, নাইট্রোসেলুলোজের দ্রাবকরূপে, পরিষ্কারক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।